


EX BIBLIOTECA
D. A. de VLLOA

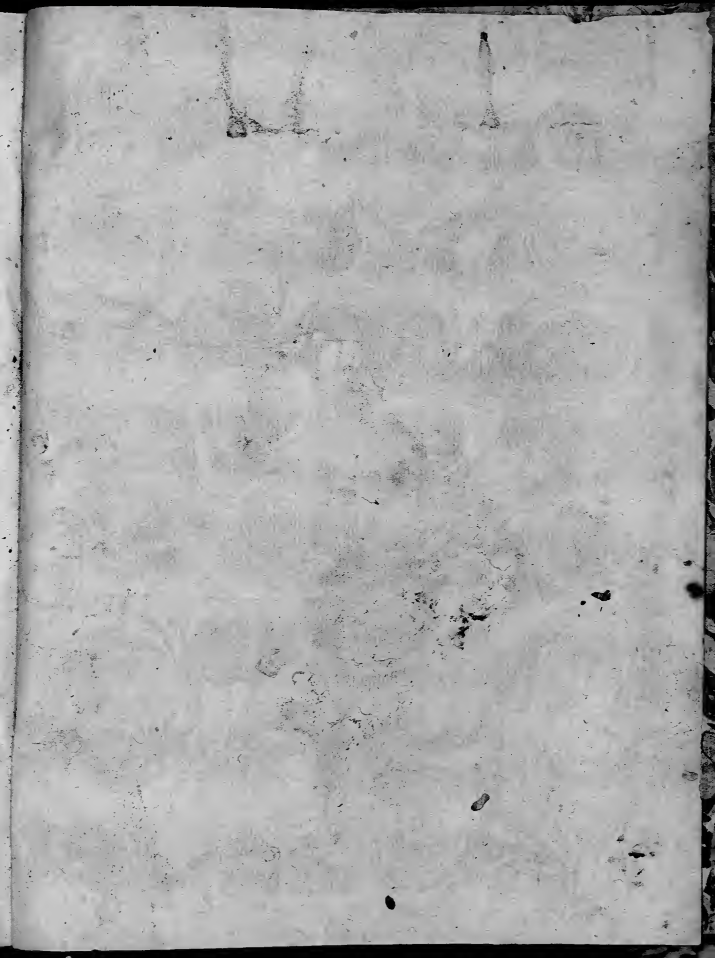


















L'ART
DE
CONVERTIR LE FER
FORGÉ
EN ACIER,
ET
L'ART
D'ADOUCIR LE FER FONDU,

Ou de faire des Ouvrages de fer fondu aussi finis que de fer forgé.

Par Monsieur de REAUMUR, de l'Academie Royale des Sciences.

A PARIS,
Chez MICHEL BRUNET, Grand'Salle du Palais, au Mercure Galant.

M. DCC. XXII.
AVEC APPROBATION ET PRIVILEGE DU ROY.



A

SON ALTESSE ROYALE, MONSEIGNEUR LE DUC D'ORLEANS, REGENT DU ROYAUME.



ONSEIGNEUR,

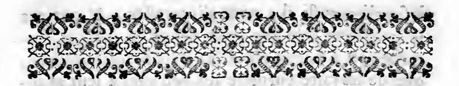
Les recherches qui font la matiere de cet Ouvrage ont été regardées favorablement par VÔTRE ALTESSE ROYALE *dés leur naissance;*

Elle s'est fait rendre un compte exact de leurs progrés ; il y a même ici tel Memoire, quoique long, dont elle a eu la patience d'entendre la lecture en entier ; enfin Elle a bien voulu récompenser d'une maniere éclatante l'envie que j'avois montrée d'être utile au Public, & les efforts que j'avois faits pour y parvenir. Voilà bien des motifs pour oser offrir un Ouvrage à VÔTRE ALTESSE ROYALE ; *ces mêmes motifs me font regretter de ce qu'il n'est pas plus digne de lui être offert ; l'esperance qui me reste est de suppléer, en partie, à ce qui y manque, par la continuation de mes Travaux ; de suivre d'autres recherches, déja avancées, ausquelles* VÔTRE ALTESSE ROYALE *s'interesse, parce qu'elles interessent le Public. Je n'ai que cette voye pour tâcher d'exprimer l'étenduë de ma reconnoissance, l'entier dévouëment, & le profond respect avec lequel je suis,*

MONSEIGNEUR,

DE VÔTRE ALTESSE ROYALE,

Le trés-humble & trés-obéïssant Serviteur,
REAUMUR.



PREFACE.

N a conſervé aux differentes Pieces qui compoſent ce Volume le nom & la forme de Memoires, qu'on leur avoit données quand on les a lûes dans l'Academie des Sciences : Elles avoient été écrites pour faire partie d'un Ouvrage plus conſiderable, pour entrer dans l'Hiſtoire ou la Deſcription generale des Arts, dont on m'a fait l'honneur de me charger ; ici elles ſe trouvent en quelque ſorte deplacées. Des endroits pourront paroître trop peu expliqués, même obſcurs, qui peut-être n'euſſent pas ſemblé tels, ſi ce qui regarde la converſion du fer en acier, & l'adouciſſement du fer fondu eût été precedé de ce qui appartient au travail des mines de fer, à la maniere de les fondre, à la maniere d'affiner le métal qu'elles donnent, de le rendre malleable. On auroit auſſi mieux vû l'utilité de ces Memoires, ſi on eût trouvé tout de ſuite la deſcription des Arts qui mettent en œuvre le fer & l'acier ; ils ſont à preſent iſolés & n'avoient pas été faits pour l'être. Cependant parce qu'étant réunis, ils donnent des inſtructions ſur deux matieres importantes au Public, & pour



lesquelles aussi il a paru s'interesser, & que ces instructions suffisent pour conduire dans la pratique, on a mieux aimé les faire paroître plûtôt, que de les faire paroître un peu plus à leur avantage.

Ils sont divisés en deux parties, ceux de la premiere traitent au long de la conversion du fer en acier, & de ce qu'il y a de plus essentiel à sçavoir par rapport à l'acier. C'est à cette premiere partie que nous avons donné le nom de l'Art de convertir le fer en acier; comme nous avons donné aux Memoires de la seconde partie, celui de l'Art d'adoucir le fer fondu, ou de faire des ouvrages de fer fondu aussi finis que de fer forgé, parce que c'est ce qu'on a eu en vûë d'y enseigner.

Quand on donne les préceptes d'un Art, on a coûtume d'écrire d'une façon plus dogmatique que nous ne le faisons; aussi ne suivrons-nous pas entierement la même methode, lorsque nous décrirons, dans notre Histoire generale, des Arts usités & connus; alors nous n'aurons souvent qu'à rapporter des pratiques employées journellement; on pourra avoir les preuves de ce que nous aurons avancé, toutes les fois qu'on voudra aller voir travailler les Ouvriers. Mais les regles que nous avons à donner actuellement étant ou entierement nouvelles, ou, ce qui revient au même, conservées mysterieusement, nous n'avions pas seulement à les rapporter, nous avions en même temps à en prouver la bonté.

A la verité nous eussions pû commencer par donner des regles & venir ensuite aux preuves, c'est-à-dire aux experiences que nous avons faites; au lieu que nous avons commencé, presque par tout, par detailler scrupuleusement nos experiences. Je doute que la premiere methode soit la meilleure pour les matieres qui tiennent à la Physique. On voit mieux quel degré de certitude ont des assertions, quand elles sont immediatement à la suite des experiences, d'où on les a deduites: par cette voye on montre à nud tout ce qu'on a fait; on n'en impose point sur la force des preuves; on ne donne point lieu d'imaginer de ces reticences qui tendent à faire penser qu'on a negligé de prouver ce qui pouvoit l'être aisément. Commence-t'on par donner des propositions pour vrayes, le Lecteur a quelque penchant à croire qu'on les a tenues pour telles, avant que d'avoir tenté les experiences qu'on a faites pour les appuyer. Or il y a une grande difference pour la force des preuves entre des experiences d'où une proposition a été tirée, qui semble l'avoir fait naitre necessairement, & entre des experiences employées aprés coup pour prouver une proposition. Ce n'est pas que ces dernieres ne soient excellentes, qu'on ne doive souvent y avoir recours, mais il est plus avantageux que ce soit pour achever d'établir des consequences tirées des premieres.

Pour s'instruire d'un nouvel Art, il n'est guere moins essentiel d'apprendre ce qu'il faut éviter,



que ce qu'il faut pratiquer ; & c'est ce qu'on enseigne, lorsqu'on raconte naïvement tous les differents chemins par où on a passé pour arriver au but ; rien n'empêche que de ce but, on ne revienne ensuite sur ses pas en ligne plus droite. Enfin dés qu'il s'agit de recherches nouvelles, de découvertes, on doit mettre le Lecteur à portée de juger si on a tenté tout ce qui demandoit à l'être, lui épargner les essais inutiles, mais lui laisser aussi entrevoir ce qui peut être essayé de plus, le mettre même sur la voye de faire de nouveaux progrés. Aprés tout le Public veut aujourd'hui des choses ; s'il est content pour le fond de ce que nous lui presentons, nous pouvons esperer qu'il sera indulgent pour la forme sous laquelle nous le lui avons presenté.

Si on ne veut prendre qu'une idée grossiere de nos Arts de convertir le fer en acier, & d'adoucir le fer fondu, on trouvera sans doute dans ces Memoires des details ennuyeux. Je ne sçai, par exemple, si dans cette disposition on pourra soutenir la lecture du IV. Memoire, qui traite des fourneaux dont on doit faire usage, & même je ne conseille pas de l'éprouver. Nous avons eu principalement en vûe ceux qui auront envie de mettre la main à l'œuvre, & on ne sçauroit croire, si on n'a tenté d'operer, combien de difficultés se presentent dans l'execution des choses les plus simples ; & l'embarras que peuvent donner des difficultés en apparence trés-petites. Peut-être

que l'envie de les lever, & d'être clair, m'aura fait trop grossir ce Volume ? la longueur des ouvrages qui conduisent à mettre la main à l'œuvre, ne doit pas neantmoins se mesurer entierement par le temps qu'il faut à les parcourir ; celui qu'ils épargnent pendant l'execution, doit être mis en ligne de compte. Des ouvrages de cette nature ne sont pas de ceux où l'on doit laisser à deviner, où l'on doit craindre de presenter des idées trop developpées. Les Lecteurs à qui ils sont le plus necessaires, n'exigent nullement qu'on donne matiere à leur penetration de s'exercer, ils demandent que les procedés soient nettement & amplement expliqués.

Mais aussi les raisonnemens physiques pourront à leur tour paroître de surcroit à ceux qui ne veulent apprendre que des pratiques : qu'ils prennent garde pourtant que ces raisonnements établissent des principes qui bien entendus mettront en état de lever les difficultés que nous n'aurons pas assés éclaircies, ni même prévûës. Si on fait quelque cas des découvertes qui seront rapportées, qu'on observe que c'est à ces mêmes raisonnements à qui elles sont dûës, & qu'ils peuvent donner des ouvertures pour les porter plus loin ; qu'on ne les regarde donc pas comme n'aïant pour objet qu'une simple curiosité physique. Souvent on hésite trop peu à partager les connoissances en curieuses & en utiles ; cette division n'est pas aussi aisée à faire & aussi sûre qu'on pense,

ſurtout en cette matiere. L'utile bien conſideré a toujours du curieux, & il eſt rare que le curieux bien ſuivi ne mêne pas à l'utile.

Je conviendrai pourtant, & comment n'en conviendrois-je pas? que la plûpart des obſervations & des reflexions de ces Memoires ne doivent pas inſtruire le commun des Ouvriers; elles ne ſont preſque que pour ceux qui ſont capables de conduire des entrepriſes, qui peuvent faire agir les Ouvriers, comme les Ouvriers font agir leurs outils; en un mot il ne faut pas que tout le monde faſſe de l'acier, & des ouvrages de fer fondu, mais il faut mettre en état d'en faire des établiſſements ceux qui ſont capables de les ſuivre, & nous oſons nous promettre que nos Memoires ſuffiront pour cela. Nous l'oſons même d'autant plus hardiment, que ſur les lectures que nous avons faites de quelques-uns de ces Memoires dans nos Aſſemblées publiques de l'Academie, & ſur les éclairciſſements que nous avons donnés à ceux qui nous les ont demandés, il y a déja quelques établiſſements commencés dans le Royaume; ces Memoires devenus publics en augmenteront apparemment le nombre.

Mais quelque vîte que ſe faſſent ces nouveaux établiſſements, ce ſera toujours lentement au gré de l'impatience naturelle à la Nation. Dès que j'eus lû, dans des aſſemblées publiques, les memoires qui donnent les principes de nos Arts, on eût voulu trouver partout des aciers fins du Royaume

à choisir; on eût voulu que toutes les Boutiques eussent été parées d'ouvrages de fer fondu les plus finis. On ne marche pas pourtant à si grands pas dans l'execution de ce qui demande certains arrangements, de ce qui demande qu'on réunisse un certain nombre d'Ouvriers, qu'on les instruise; quelque simple que soit une profession, on ne sçauroit les y rendre habiles en un jour. Pour faire des ouvrages de fer fondu, il faut commencer par en faire faire des modelles, & ces modelles tiennent du temps à finir, & engagent à des dépenses assés considerables.

Des reproches tout opposés & ausquels je me trouve flatté d'avoir à répondre, sont ceux qui me furent faits après les Assemblées de l'Academie que je viens de citer; il y eût gens qui trouverent étrange que j'eusse publié des secrets, qui ne devoient pas être revelés; d'autres auroient voulu qu'ils eussent été confiés à des Compagnies qui en auroient fait usage, & qui travaillant pour leur utilité propre, auroient aussi travaillé pour le bien general du Royaume. Les sentiments que suppose la premiere façon de penser, ne sont pas assés nobles, pour qu'on puisse même se glorifier d'en avoir de directement contraires; ne sont-ils pas même contre l'équité naturelle? est-il bien sûr que nos découvertes soient si fort à nous, que le Public n'y ait pas droit, qu'elles ne lui appartiennent pas en quelque sorte? nous devons tous, c'est notre premier devoir, concourir au bien ge-



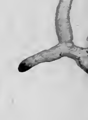


neral de la Societé; qui y manque, quand il peut y contribuer de quelque chose, & qui y manque, quand il ne lui en coûteroit que de parler, manque à un devoir essentiel, & dans les circonstances les plus odieuses. Ce principe étant certain, restera-t-il bien des circonstances, où nous soïons absolument Maîtres de nos découvertes?

Il est vrai qu'on se plaint depuis long-temps du peu de retour du Public, de ce qu'il ne recompense pas même de ses éloges, ce qui lui est une fois connu; un secret tant qu'il est caché est regardé comme merveilleux, est-il divulgué, on dit n'est-ce que cela: on cherche à montrer qu'on le sçavoit auparavant, les plus legeres traces, les moindres ressemblances en sont prises pour des preuves. C'est ce qui a fourni pretexte à divers Sçavans de se reserver des connoissances; & à d'autres d'envelopper celles qu'ils sembloient communiquer de façon à faire acheter cher le plaisir de les acquerir. Quand ces plaintes seroient fondées, l'injustice du Public supposée aussi certaine, & aussi generale, que quelques Auteurs le pretendent, en seroit-on autorisé à se reserver ce qui peut lui être utile? Le Medecin seroit-il en droit de refuser du secours dans un danger pressant à des malades dont il n'auroit aucune reconnoissance à attendre, & dont même l'ingratitude lui seroit connue? Les avantages de l'esprit interessent-ils moins que ceux du corps? Les connoissances justement appretiées, ne sont-elles pas le bien le plus

plus réel ? Je dirai même plus, c'eſt que ne publier pas ſes recherches auſſi clairement qu'on le peut, n'en montrer qu'une partie, & vouloir faire deviner le reſte, c'eſt à mon ſens ſe rendre reſponſable du temps qu'on fait perdre à des Lecteurs. Je voudrois que les Hommes n'admiraſſent point ceux, qui ſemblent avoir plus cherché à ſe faire admirer qu'à être utiles.

J'avouërai pourtant, je veux bien même qu'on penſe que je cherche à l'avouer, qu'il eſt juſte de recompenſer les Travaux de ceux qui ont produit des découvertes avantageuſes; mais le Public ne ſçauroit leur devoir que des éloges ; & ce n'eſt pas la moins flateuſe des recompenſes, pour qui eſt touché de la veritable gloire: c'eſt à ceux qui tiennent les Rennes du Gouvernement à en diſpenſer d'une autre nature. Mais y a-t-il jamais eu dans le Royaume des circonſtances, où on ait eu autant lieu d'eſperer que les recherches qui ont le bien general pour objet, ſeroient ſoutenuës par des recompenſes de cette derniere eſpece. Je dois craindre de voir comparer avec mes Travaux celles par leſquelles Son Alteſſe Royale a bien voulu les encourager; puis-je oſer moi-même donner occaſion de le faire en publiant juſques où elles ont été ? mais la reconnoiſſance m'y force, & l'interêt du Public exige que je lui apprenne ce que peuvent attendre ceux qui ſont capables de travailler avec plus de ſuccés. A peine eus-je fait à l'Academie la lecture du premier Memoire





ſur l'acier, que Monſeigneur le Duc d'Orleans voulût que j'euſſe de nouveaux moyens de pouſſer mes recherches ; cette lecture fut ſuivie de dons conſiderables par eux-mêmes, mais beaucoup plus encore par la bonté, j'oſerai le dire, par l'empreſſement avec lequel il s'eſt intereſſé à les rendre ſolides & durables. Afin même qu'ils fuſſent pour toujours à l'avantage des Sciences, il a ſongé à les faire paſſer après moi à l'Academie, pour tenir lieu d'une partie des fonds neceſſaires aux glorieux, & utiles Travaux de cette Compagnie *. Je n'ai point à craindre qu'on ſoupçonne que c'eſt la reconnoiſſance qui me dicte que les Sciences peuvent tout ſe promettre d'un Prince à qui l'envie même ne ſçauroit diſputer d'avoir pour elles l'amour le plus vif, & le plus éclairé. Les nouvelles découvertes, les nouvelles inventions trouvent toujours un accés facile auprès de lui, & ne l'approchent guere ſans que ſes vues contribuënt à à les perfectionner. Pour faciliter encore cet accés, aux ſciences naturellement timides, il a chargé de les lui produire celui qu'elles euſſent choiſi elles-mêmes, cet illuſtre Abbé * plus zelé, & plus entendu à faire valoir les bons Ouvrages, que ne le ſont leurs propres Auteurs.

Tout ſemble aſſûrer dans le Royaume aux

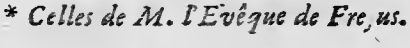
* *Par Arrêt, & Lettres-Patentes Sa Majeſté m'a gratifié d'une Penſion de douze mille livres ſur la Ferme des Poſtes, qui, par le même Arrêt, & les mêmes Lettres-Patentes doit paſſer, après ma mort à l'Academie Royale des Sciences.*

* *M. l'Abbé Bignon.*

Sciences, & ſurtout aux ſciences utiles, l'état le plus floriſſant; Sa Majeſté montre déja pour elle un goût au-deſſus de ſon âge, & quels progrés ne doit pas faire ce goût cultivé par des Leçons, qui ſeules ſeroient capables de le faire naître *.

Mais pour reprendre la ſeconde objection dont j'ai parlé, il s'eſt trouvé gens qui n'ont pas approuvé que les découvertes qui ſont l'objet de ces Memoires euſſent été renduës publiques; ils auroient voulu qu'elles euſſent été conſervées au Royaume; que nous euſſions imité les exemples de myſtere, peu loüables à mon ſens, que nous donnent quelques-uns de nos Voiſins. Nous nous devons premierement à notre Patrie; mais nous nous devons auſſi au reſte du monde; ceux qui travaillent pour perfectionner les Sciences & les Arts, doivent même ſe regarder comme les Citoyens du monde entier. Après tout ſi les recherches de ces Memoires ont les ſuccés qui me les ont fait tenter, il n'eſt point de Pays qui en puiſſe tirer autant d'avantages que le Royaume; il pourra à l'avenir ſe paſſer des aciers fins, dont il ſe fournit à preſent dans les Pays étrangers. Et cela pourtant en ſuppoſant qu'on ne negligera pas, comme nous ne faiſons que trop ſouvent, de tirer parti de ce qui ſe trouve parmi nous; en ſuppoſant qu'on n'abandonnera pas des établiſſements auſſi legerement qu'on les aura entrepris.

A l'égard des ouvrages de fer fondu, ils euſſent pû être, pendant quelque temps, particuliers à la



* *Celles de M. l'Evêque de Frejus.*

France, & ils lui ſeront communs avec les autres Pays, où l'on en voudra entreprendre. L'abondance de nos mines de fer, les endroits favorables où elles ſont ſituées nous donnent pour ce travail des facilités qu'on trouve en peu d'endroits. Mais nous avons encore pour ce genre d'ouvrages un avantage qui doit les faire rechercher dans les Pays, où on auroit des facilités égales, ou plus grandes pour le reſte. Le principal merite de ces ouvrages conſiſtera dans les ornements; il ne faut pas prendre la peine de mouler des ouvrages ſimples, qui ne demandent pas à être façonnés; les autres Pays nous accordent aſſés ce que nous appellons le goût, qui fait le grand merite de tout ce qui eſt du genre d'ornements; nous aurons plus d'art de les varier avec une certaine entente, qu'on n'en aura ailleurs; nous ſommes les Maîtres en tout ce qui eſt nouveautés de modes; c'eſt chés nous qu'on viendra ſe fournir de celles-ci, comme de celles de bien d'autres eſpeces. Peut-être même n'eſt-il pas mal qu'on travaille dans les autres Pays au fer fondu, pour nous engager à y travailler avec plus de ſoin. Nous aimons aſſés à faire ce que nous voïons faire ailleurs; ſouvent nous aimons mieux ajoûter aux inventions des autres, que faire valoir les nôtres.

Il y avoit deux partis à choiſir pour rendre ces Arts, & ſur tout celui d'adoucir le fer fondu, utiles au Royaume, ou d'accorder des Privileges à des Compagnies qui, comme celle des glaces,

eussent eu seules le droit de faire de ces sortes d'ouvrages, ou de donner une liberté generale à tous les Ouvriers d'y travailler. Le premier parti eût plûtôt fait paroître des Manufactures considerables, & le Public eût plûtôt à choisir des ouvrages de ce genre. Dès que la liberté est generale, les Artisans se chargeront de ce travail ; mais leur peu de fortune ne leur permettant pas de faire les avances necessaires pour fournir à une grande quantité d'ouvrages, & d'ouvrages trés-variés, parce que les premiers modelles coûtent cher, les ouvrages s'en multiplieront plus lentement ; les Compagnies qui pourroient entreprendre de plus grands établissements, n'oseront peut-être les risquer dans la crainte de voir bientôt leurs ouvrages copiés par tous les petits ouvriers. Mais outre qu'un amour de la liberté porte à souhaiter qu'il soit permis aux hommes de faire ce sur quoi ils ont naturellement autant de droit que les autres, c'est que si les établissements se font de la sorte plus lentement d'une maniere moins brillante, ils se feront d'une maniere plus utile au Public. Comment s'assurer d'une societé qui ne soit pas trop avide de gain ? C'est le grand inconvenient des Privileges, qui d'ailleurs lient les mains à ceux qui n'en ont pas obtenu de pareils, & qui auroient été en état d'en faire de meilleurs usages ; qui auroient eu plus de talens pour perfectionner les nouvelles inventions. Ce n'est pas que les particuliers n'aïent pour le profit une ardeur égale à celle de Compagnies ; mais la crainte que leurs voi-



ſins ne vendent plus qu'eux, l'envie d'attirer le Marchand, leur fait donner à meilleur marché. J'ai eu la preuve de cette neceſſité de multiplier le debit; j'avois permis à quelques Ouvriers qui avoient travaillé ſous mes yeux dans le Laboratoire de l'Academie, de faire des ouvrages de fer fondu; malgré moi, ils vouloient les tenir à un prix exceſſif, quand ils offroient pour 200 liv. en fer fondu ce qui en fer forgé en eût coûté 1200 à 1500, ils croyoient faire aſsés, quoiqu'ils euſſent dû le donner pour quatre à cinq piſtoles. Il n'y a donc d'autre maniere de rendre les choſes à bon marché, que de mettre les Ouvriers dans la neceſſité de débiter à l'envi.

Au reſte, ſi on ne trouve point ici tous les éclairciſſements que j'euſſe ſouhaité donner, & que peut-être j'aurois pû donner s'ils ne m'euſſent pas échappé, j'y ſupplérai autant qu'il me ſera poſſible. Qu'on me propoſe les difficultés par leſquelles on aura été arrêté, & on me trouvera toujours prêt à tâcher de les lever.

Nous avons été obligés d'employer aſsés ſouvent quelques termes qui pourront n'être pas familiers à tous ceux qui liront ces Memoires; ordinairement nous les avons défini; mais comme on oublie quelquefois ces définitions, qu'on eſt embarraſſé où les retrouver, pour épargner alors la peine d'aller conſulter des Dictionnaires, nous avons ajoûté à la fin de ce volume l'explication des termes que nous avons crû capables de faire quelque peine.

EXTRAIT DES REGISTRES DE L'ACADEMIE ROYALE des Sciences, des Années 1720, 1721, & 1722.

MR. DE REAUMUR ayant lû dans le cours des années 1720. 1721. & 1722. differents Memoires sur l'*Art de convertir le fer en acier*, & sur l'*Art de faire des ouvrages de fer fondu aussi finis que de fer forgé*. La Compagnie a jugé qu'ils meritoient d'être imprimés. En foi de quoi j'ai signé le present certificat A Paris ce 28. Août 1722. FONTENELLE, Secret. Perp de l'Acad. Royale des Sciences.

PRIVILEGE DU ROY.

LOUIS par la grace de Dieu Roi de France & de Navarre : A nos amez & feaux Conseillers les Gens tenans nos Cours de Parlement, Maîtres des Requêtes ordinaires de nôtre Hôtel, Grand Conseil, Prevôt de Paris, Baillifs, Senechaux, leurs Lieutenans Civils, & autres nos Justiciers qu'il appartiendra : SALUT. *Nôtre amé & feal le sieur Jean Paul Bignon, Conseiller ordinaire en nôtre Conseil d'Etat, & President de nôtre Academie Royale des Sciences*, Nous ayant fait trés-humblement exposer, que depuis qu'il Nous a plû donner à nôtredite Academie, par un Reglement nouveau de nouvelles marques de notre affection, Elle s'est appliquée avec plus de soin à cultiver les Sciences qui font l'objet de ses exercices ; ensorte qu'outre les Ouvrages qu'Elle a déja donnez au Public, Elle seroit en état d'en produire encore d'autres, s'il Nous plaisoit lui accorder de nouvelles Lettres de Privilege, attendu que celles que Nous lui avons accordées en datte du 6. Avril 1699. n'ayant point de temps limité, ont été déclarées nulles par un Arrêt de nôtre Conseil d'Etat du treiziéme Août 1715. Et désirant donner au Sieur Exposant toutes les facilitez & les moyens qui peuvent contribuer à rendre utiles au Public les travaux de notredite Academie Royale des Sciences ; Nous avons permis & permettons par ces Presentes à ladite Academie, de faire imprimer, vendre ou débiter dans tous les lieux de nôtre obéïssance, par tel Imprimeur qu'Elle voudra choisir, en telle forme, marge, caractere, & autant de fois que bon lui semblera : *Toutes ses Recherches ou Observations journalieres, & Relations annuelles de tout ce qui aura été fait dans les Assemblées* ; comme aussi *les Ouvrages, Mémoires ou Traitez de chacun des particuliers qui la composent*, & generalement tout ce que ladite Academie voudra faire paroître sous son nom, après avoir fait examiner lesdits Ouvrages & jugé qu'ils sont dignes de l'impression : & ce pendant le temps de quinze années consecutives, à compter du jour de la datte desdites Presentes. Faisons défenses à toutes sortes de personnes de quelque qualité & condition qu'elles soient, d'en introduire d'impression étran-

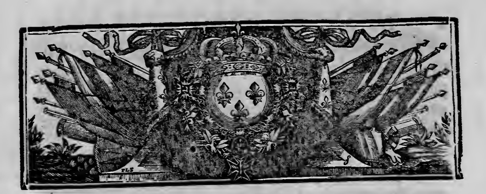


gere dans aucun lieu de notre Royaume, comme aussi à tous Imprimeurs, Libraires, & autres, d'imprimer, faire imprimer, vendre, faire vendre, débiter ni contrefaire aucuns desdits Ouvrages imprimez par l'Imprimeur de ladite Academie, en tout ni en partie, par extrait ou autrement, sans le consentement par écrit de ladite Academie ou de ceux qui auront droit d'eux, à peine contre chacun des contrevenans de confiscation des Exemplaires contrefaits au profit de sondit Imprimeur, de trois mille livres d'amende, dont un tiers à l'Hôtel Dieu de Paris, un tiers audit Imprimeur, & l'autre tiers au Dénonciateur, & de tous dépens, dommages & interêts: à condition que ces Presentes seront enregistrées tout au long sur le Registre de la Communauté des Imprimeurs & Libraires de Paris, & ce dans trois mois de ce jour: Que l'impression de chacun desdits Ouvrages sera faite dans notre Royaume & non ailleurs, & ce en bon papier & en beaux caracteres, conformément aux Reglemens de la Librairie: & qu'avant que de les exposer en vente il en sera mis de chacun deux Exemplaires dans nôtre Biblioteque publique, un dans celle de nôtre Château du Louvre, & un dans celle de notre trés-cher & feal Chevalier, Chancelier de France le sieur d'Aguesseau, le tout à peine de nullité des Presentes. Du contenu desquelles vous mandons & enjoignons de faire joüir ladite Academie ou ses ayant cause pleinement & paisiblement, sans souffrir qu'il leur soit fait aucun trouble ou empêchement. Voulons que la copie desdites Presentes qui sera imprimée au commencement ou à la fin desdits Ouvrages soit tenuë pour dûëment signifiée, & qu'aux copies collationnées par l'un de nos amez & feaux Conseillers & Secretaires foi soit ajoûtée comme à l'original: Commandons au premier notre Huissier ou Sergent de faire pour l'execution d'icelles tous actes requis & necessaires sans demander autre permission, & nonobstant clameur de Haro, Charte Normande & Lettres à ce contraires: CAR tel est nôtre plaisir. DONNE' à Paris le vingt-neuf jour du mois de Juin l'an de grace mil sept cens dix-sept, & de notre Regne le deuxiéme. Par le Roi en son Conseil, *Signé* FOUQUET.

Il est ordonné par l'Edit du Roi du mois d'Août 1686 & Arrêts de son Conseil, que les Livres dont l'impression se permet par Privilege de Sa Majesté, ne pourront être vendus que par un Libraire & Imprimeur.

Registré le present Privilege, ensemble la cession écrite ci-dessus sur le Registre IV. de la Communauté des Libraires & Imprimeurs de Paris, page 75. Numero 205. conformement aux Reglemens, & notamment à l'Arrêt du Conseil du 13. Août 1703. A Paris le 3. Juillet 1717. *Signé*, DE LAULNE, *Syndic.*

Nous soussigné President de l'Academie Royale des Sciences, déclarons avoir en tant que besoin cedé le present Privilege à ladite Academie, pour par elle & les differens Academiciens qui la composent en jouir pendant le temps & suivant les conditions y portées. Fait à Paris le premier Juillet mil sept cens dix-sept. *Signé*, J. P. BIGNON.



L'ART DE CONVERTIR LE FER FORGÉ EN ACIER.

PREMIER MEMOIRE,

Où, après avoir donné une idée generale des differentes manieres de faire l'Acier, on examine quelles sont les matieres propres à convertir le Fer forgé en Acier, & quels mélanges on doit faire de ces matieres pour le changer dans l'Acier le plus fin, & le meilleur.



LES Mines de Fer sont des composés de parties ferrugineuses, de parties terreuses & de parties sulfureuses & salines, nous le prouverons assés ailleurs, pour croire être en droit de le supposer à present. L'art a trouvé le moyen de séparer les parties métalliques

A

ou ferrugineuſes des matieres étrangeres avec leſquelles elles ſont mêlées, de réünir les parties diſperſées, d'en faire des maſſes, qu'il rend enſuite propres à tant d'uſages differens. La fuſion eſt le premier moyen employé pour y parvenir.

Les mines fonduës forment deux fluides de differente peſanteur, celui qui eſt composé des parties metalliques prend le deſſous, celui qui eſt fait des matieres étrangeres le ſurnage, & n'eſt qu'une ſorte de verre. Dans le plus grand nombre des fourneaux où l'on fond les mines de fer, quand une certaine quantité de mine a été miſe en fuſion, on donne écoulement au fluide métallique, on le conduit ordinairement en des moules groſſiers, où il prend la figure d'un long priſme, à baſe triangulaire, qui peſe quelquefois juſques à deux milliers, c'eſt ce qu'on nomme une Gueuſe. On peut faire prendre toute autre figure à cette matiere, les contrecœurs de cheminée, les chaudrons, marmittes & pots de fer, &c. ne ſont que le fer venu de cette premiere fuſion. C'eſt un fer impur qui n'eſt pas encore aſsés ſéparé de toutes les matieres étrangeres avec leſquelles il étoit confondu dans la mine; on le nomme en cet état Fonte de fer ou ſimplement Fonte; il eſt beaucoup plus dur & plus caſſant que le fer forgé, il ne ſçauroit ſoûtenir le marteau ni à chaud ni à froid.

Pour rendre la fonte, le fer fondu, un fer forgeable, on l'affine, c'eſt-à-dire, qu'on la fond une ſeconde fois; on la porte enſuite ſous un gros

marteau mû par l'eau; qui pese au moins un millier, elle en reçoit de terribles coups ; on la retire pour la chauffer encore presque fondante, & la porter encore sous le marteau & tout cela à diverses reprises ; cette matiere cassante, à force d'avoir été chauffée & battuë, est changée en des barres forgeables. Entre les barres venuës de la même fonte, les unes peuvent être fer, & les autres acier, si on a suivi des procedés differens pour affiner differentes portions de cette même fonte. Nous ne nous sommes pas proposés d'expliquer ici en quoy ces procedés different, nous le ferons trés au long dans l'Histoire des Arts, à present nous voulons seulement donner une idée generale des differentes manieres dont on fait l'acier : elles se réduisent à trois.

La premiere & la plus commune, c'est de faire l'acier avec la fonte des Gueuses, ou de la fonte qui comme celle des Gueuses a coulé hors du fourneau. On fait de l'acier avec ces sortes de fontes dans plusieurs Provinces du Royaume, dans la Champagne, le Nivernois, la Franche-Comté, le Dauphiné, le Limousin, le Perigord, la Normandie, &c. Souvent ce sont des aciers grossiers, on les appelle en quelques endroits des aciers à terre, parce qu'ils ne sont guere propres que pour des outils à remuer la terre. Quand pourtant on travaille ces fontes, avec certaines précautions, on en tire des aciers fins. A Rives & à Vienne en Dauphiné on en fait des aciers trés-passables, propres à bien des ouvrages de Coûtellerie. Il en vient d'asses

fins des fontes du Limousin. Dans les païs étrangers il y a des endroits où l'on est attentif à affiner les fontes à propos, & où on réüssit à en faire de bons aciers.

La seconde maniere de faire de l'acier, est encore de le faire de fonte, mais d'une fonte qui n'a jamais coulé hors du fourneau. Il n'est point d'acier qui doive moins à l'art ; s'il y a des mines qui puissent être appellées mines d'acier, ce sont celles qui fournissent celui-ci, car par des procedés qui sont précisément les mêmes, on en tire & du fer & de l'acier ; une certaine portion de la fonte venuë de ces mines donne du fer, & une autre portion donne de l'acier. Aux environs de Foderberg en Stirie, il y a quantité de fourneaux où l'on fond de ces sortes de mines ; on laisse figer dans les fourneaux même la fonte sans l'avoir fait couler. Le Royaume nous fournit aussi des exemples de cette façon de faire l'acier, mais dans des fourneaux beaucoup plus petits que ceux de l'Allemagne. C'est dans le Roussillon, & particulierement dans le Païs de Foix, où l'on a des mines, à la fonte desquelles on ne donne point d'écoulement. Aprés avoir fondu la mine on réduit la fonte qui en est venuë à prendre de la consistance ; elle forme une masse qui se moule sur le propre fond du fourneau, sa figure est celle d'un espece de gâteau ou d'une boulle applatie ; on la nomme un Masset. Quand on a retiré du fourneau ce masset ou cette masse, on la coupe en cinq ou six parties, selon des lignes paralleles à un de ses grands diametres ; on chauffe & forge ensuite cha-

cun de ces morceaux jusqu'à ce qu'on les ait étendu en barres. Une partie de chaque barre se trouve acier, & le reste fer : ce qui est de singulier, & dont on trouvera dans la suite une raison assez probable, c'est que la partie de chaque barre qui est acier, vient principalement de la fonte qui étoit aux bords ou prés des bords du masset, le reste donne du fer : aussi ce qu'on tire d'acier de ces fontes n'est qu'un cinquiéme, ou un quart de ce qu'on en tire en fer. Ces aciers, que nous donnent nos mines du Royaume presque naturellement, sont grossiers, peut-être est-ce autant notre faute que celles des mines; ceux que donnent les mines des environs de Foderberg par des procedés équivalens pour le fond, sont fins.

Ces deux manieres generales de faire l'acier, sçavoir, ou avec des fontes qui ont coulé hors du fourneau, ou avec des fontes qui n'ont point coulé, pourroient être subdivisées en bien des manieres particulieres, si nous rapportions toutes les differentes pratiques des ouvriers de differens païs.

Enfin la troisiéme maniere de faire l'acier, c'est de convertir en acier des barres de fer forgé, de fer tel qu'on l'employe à nos usages ordinaires. Les aciers venus de fer forgé, sont des aciers fins, & on est en quelque sorte maître de les rendre fins & durs au point où on les veut; on peut toûjours empêcher qu'il n'y reste ni veine, ni grain de fer. Il n'en est pas de même de ceux qui viennent immédiatement des fontes, nos ouvriers

ne ſçavent que trop qu'il eſt ordinaire de trouver les aciers qu'on leur apporte d'Allemagne fourrés de fer ; on les leur vend dans des barils, ce défaut eſt cauſe qu'une grande partie de l'acier de chaque baril eſt achetté en pur perte pour eux. Nous ne nous arrêterons pas à faire valoir les aciers de fer forgé, à les élever au deſſus des autres, à comparer les qualités des differens aciers, il n'en eſt pas temps encore, il ſuffit qu'on ſçache que dans quantité de païs tous les aciers fins qu'on employe ſont faits de fer forgé. L'Angleterre n'en met point d'autres en œuvre pour les meilleurs ouvrages, on y fait de cette ſorte d'acier, quoy qu'on ſoit obligé de tirer de Suede les fers qui y ſont propres. En Italie, & en divers Cantons de l'Allemagne on fait de même de l'acier de fer forgé. Enfin s'il y a bien des païs où l'on ne convertit pas le fer en acier, il n'en eſt guere, où on n'ait tenté de le faire, & cela apparemment parce qu'on a toûjours regardé les aciers de fer forgé comme les meilleurs, & comme ceux de la qualité & de la fineſſe deſquels il eſt le plus aisé de s'aſſurer.

Le Royaume, qui a des aciers communs à revendre, manque de ceux-ci : il lui coûte tous les ans des ſommes conſiderables pour ſe fournir d'aciers fins, auſſi n'eſt-il rien qu'on ait tenté plus de fois que d'établir des manufactures pour convertir nos fers en acier ; C'eſt un art qui eſt conſervé miſterieuſement dans les païs où on le pratique.

La Cour a cependant été accablée, & ſur tout

depuis trois ou quatre ans de François & d'Etrangers de tous païs, qui dans l'esperance de faire fortune se sont presentés comme ayant le veritable secret de convertir le fer en acier. Mais comme on n'a vu aucuns fruits de leurs travaux, & des graces qui ont été accordées à plusieurs, on a presque regardé comme des chercheurs de pierre philosophale ceux qui promettoient de changer les fers du Royaume en aciers excellents. Le public tient pour impossible ce qui a été tenté inutilement un grand nombre de fois; il ne veut point, ou n'est point à portée d'examiner ce qui a fait échouer les tentatives.

Malgré les préjugés établis contre la conversion de nos fers en acier, il me parut qu'elle étoit trop importante pour qu'on ne cherchât pas au moins une bonne fois à quoy il falloit s'en tenir; je voïois d'ailleurs avec regret que le Royaume, quoyque plus riche peut-être qu'aucun païs du monde en mines de fer, employoit chaque année de si grandes sommes en acier, & en outils d'acier, qu'il tire des païs étrangers.

La possibilité de la conversion du fer en acier n'avoit pas besoin d'être prouvée, elle étoit démontrée de reste par le succès avec lequel on y travaille en Angleterre, en Allemagne, en Italie &c. Toute la question étoit donc de sçavoir si avec le secret pratiqué dans les païs étrangers, nous pourrions de nos fers, faire des aciers qui égalassent ceux qu'ils font des leurs; où aprés tout, nôtre pis aller devoit

être de travailler en France à convertir en acier des fers étrangers, comme on y travaille en Angleterre, où on fait d'excellents aciers avec du fer de Suede, qui à Paris ne nous coute, en certains temps, guere plus que les fers du Royaume; & qui dans nos Ports est quelquefois à aussi bon marché que celui qui vient de nos mines. Mais l'examen que j'avois fait des fers du Royaume, & que j'avois eu occasion de faire à fond, lorsque j'ay décrit nos differents fourneaux & forges à fer, & tous les arts qui mettent en œuvre ce métal, cet examen dis-je, m'avoit fait connoître que nous avions des fers de tant de qualités differentes qu'il me paroissoit hors de doute que nous en avions de propres à devenir d'excellent acier, de quelque nature que l'acier le demandât. Je sçavois même qu'il y avoit eu en Bearn une ou deux Fabriques où une personne de condition avoit fait travailler à convertir des fers de cette Province en des aciers que j'avois trouvés bons, quoyque un peu inferieurs à ceux d'Allemagne.

Je supposai donc & je crus pouvoir supposer le fer propre à être converti en acier tout trouvé, qu'il ne s'agissoit plus que d'avoir les procedés convenables pour le convertir, sauf ensuite à les éprouver sur toutes nos especes de fer. Mais ces procedés sont un secret, gardé comme tel par ceux qui les pratiquent. Les livres à secrets ne manquent pas de donner celui-ci, pour un, même qu'on y cherche, on y en trouve à choisir, tous éprouvés & surs

ſurs pour qui ne les eſſaye pas. Le nombre de ces prétendus ſecrets, rapportés par differents Autheurs, eſt ſi grand que quand le véritable ſecret en ſeroit un, on auroit auſſi-tôt fait de le chercher de nouveau que d'entreprendre de le demeſler d'avec les faux ſecrets parmi leſquels il eſt confondu:

Ce qui m'a plus aidé dans cette recherche, que les livres, c'eſt une réflexion que j'ai faite ſur des procedés fort en uſage parmi les Ouvriers qui ont beſoin de donner une grande dureté à des ouvrages de fer. Ceux qui font les groſſes limes n'y employent que du fer, ils les rendent néantmoins auſſi dures que les limes d'acier. Les Arcbuſiers font prendre une dureté pareille à quantité de pieces de fuſil, composées de pur fer, & cela par le moyen des trempes en paquet; c'eſt-à-dire, comme nous l'expliquerons ailleurs plus au long, qu'après, que ces Ouvriers ont donné à leurs pieces de fer une figure convenable, ils les renferment dans des boëtes de tole avec un meſlange de différentes drogues; ils enduiſent ces boëtes de terre & les mettent enſuite dans un fourneau, où ils leurs donnent un feu plus ou moins long ſelon la groſſeur des pieces renfermées. Après avoir retiré ces piéces du feu ils les trempent toutes rouges dans l'eau froide, elles s'y endurciſſent comme l'acier. Or pourquoy cette opération rend-elle le fer capable de prendre une pareille dureté? Quand j'ai cherché à le découvrir, j'ai reconnu que c'eſt qu'elle convertit en acier les premieres couches du fer. Alors les limes de fer

agiſſent comme celles d'acier, leurs dents ſont d'acier comme celles des autres. Des experiences inutiles à rapporter ici m'ont pleinement convaincu du changement de cette partie du fer en acier, auquel les ouvriers ne prennent pas garde; ils ſe ſervent d'outils rèellement d'acier, & ils les croyent de fer.

La conséquence que j'ai tirée de cette obſervation, c'eſt que les matieres employées pour les trempes en paquet, pourroient faire la baſe des compoſitions propres à convertir le fer en acier; que ſi ceux, qui trempent en paquet, donnoient un feu plus long à leurs pieces qu'ils les rendroient acier juſqu'au centre; cela ſeroit fort inutile aux outils dont nous avons parlé, qui n'ont beſoin de dureté que dans leurs premieres couches; mais la remarque m'étoit eſſentielle à moy qui cherchois à rendre des barres de fer entierement acier.

Les baſes des compoſitions employées pour les trempes en paquet ſont des charbons pillés, des cendres, des ſuyes, qu'on aſſaiſonne de ſels & qu'on mêle avec diverſes matieres, ſoit vegetales, ſoit animales, ſoit minerales. Les ſecrets enſeignés pour convertir le fer en acier reviennent aſſés ſouvent, pour le fond, à ces compoſitions; mais chaque Ouvrier a ſes ingrediens favorits qu'il y fait entrer; il a ſes doſes particulieres dont il fait myſtere. Après tout quand chaque Ouvrier d'Allemagne, d'Angleterre, ou des autres pays m'euſſent communiqué leurs compoſitions, j'en ſerois toûjours venu

aux eſſais que je rapporterai dans la ſuite, ils ne m'en euſſent épargné aucun; indépendemment de l'interêt du Royaume, la matiere étoit aſſés importante en ſoy pour meriter d'être examinée à fond. Il falloit s'aſſûrer ſi les ingrediens qu'on employe ſont les meilleurs, ſi on ne pouvoit leurs en ſubſtituer d'autres dont l'effet fût plus ſur, ou plus prompt; s'aſſûrer, par exemple, ſi certains ſels meritent la préference dont ils ſont en poſſeſſion; ſi on n'en néglige point qui ſeroient employés avec plus de ſuccés; ſi on ne fait point entrer dans ces compoſitions des matiéres qu'on en devroit écarter comme nuiſibles, ou au moins comme inutiles. Il falloit parvenir à déterminer les juſtes doſes de chaque matiere, chercher s'il n'y avoit pas moyen de parvenir à faire en acier quelque choſe de mieux que ce qu'on fait aujourd'huy; voir juſques où la perfection de l'acier pourroit être portée. Enfin il falloit réduire en regle la maniere d'opérer la converſion du fer en acier, en faire un art connu, aisé à exercer par les ouvriers. Mais c'eſt un art qu'il falloit inventer avant que de le décrire; on n'y pouvoit parvenir que par un nombre d'experiences qui devoit ſembler prodigieux, j'ai osé les tenter, & je ſerai très-content du travail où elles m'ont engagé, ſi le public en retire quelque avantage.

Pour rapporter les expériences que j'ai faites, & les obſervations qu'elles m'ont fournies dans un ordre propre à inſtruire, je les diſtriburai en diffé-

rents mémoires qui ſeront autant de parties de notre art. La premiere partie, où ce premier mémoire ſera uniquement employé à faire connoître la route que j'ai ſuivie pour découvrir les compoſitions les plus propres à convertir le fer en acier ; il apprendra enſuite quels ſont ces compoſitions, il révelera la partie myſterieuſe de notre art. Le ſecond mémoire ne contiendra que des obſervations générales qui conduiſent à regler le feu à propos, & neceſſaires pour préparer au troiſiéme & quatriéme mémoires dont l'un enſeignera à faire les eſſais d'acier en petit, & l'autre expliquera la conſtruction du fourneau & ce qui y a raport. Dans le cinquiéme nous tâcherons de caracteriſer les fers de différentes eſpeces par rapport aux diſpoſitions qu'ils ont pour être convertis en acier. Nous donnerons dans le ſixiéme des obſervations ſur les changemens qui ſe font faits dans le fer pendant ſa transformation, & un reſultat de ce qu'il en couſte pour l'opérer. Nous profiterons des connoiſſances que ces obſervations nous auront données pour mieux établir le caractere qui diſtingue le fer de l'acier, qu'on ne l'a fait juſqu'ici ; nous tâcherons de le faire ſoit par la compoſition, ſoit par la décompoſition de l'acier, ſoit par l'analogie qui ſe trouve entre les différentes maniéres de faire l'acier immédiatement avec les fontes, & celles de le faire avec le fer forgé. C'eſt à quoy ſeront deſtinés le ſeptiéme, le huitiéme & le neuviéme mémoires ; ils ren-

fermeront auſſi des inſtructions qui ne ſeront pas inutiles pour la pratique de notre art. Dans le dixiéme nous ferons enſorte de donner des moyens de juger des perfections des différens aciers, & d'en faire la comparaiſon. Dans les derniers mémoires nous eſſayerons d'expliquer l'effet de la trempe, nous examinerons les différentes ſortes de trempes & de recuits, & nous établirons ſur cette matiere, aſſés importante dans la pratique des arts, le plus de regles qu'il nous ſera poſſible. Mais venons à la premiere partie.

Nous nous ſommes donc uniquement propoſés de rapporter dans ce premier mémoire les expériences qui nous ont conduit au mêlange, & à la doſe des matiéres qui entrent dans les compoſitions qui nous ont paru les plus ſûres pour changer le fer en excellent acier; quoique ce ſoit la partie ſecrette de notre art, ce n'eſt pas ce qu'il a de plus intereſſant, ce n'eſt qu'un recit de tentatives différentes, dont nous euſſions volontiers évité l'étalage, ſi ce récit nous eût ſemblé moins eſſentiel. Une grande partie des eſſais, que nous rapporterons, n'ont rien operé, nous n'avons pourtant pas crû qu'il fût moins néceſſaire d'en faire mention que de ceux qui ont le mieux réuſſi; ils épargneront à d'autres la peine de les répeter, ou au moins ils apprendront le ſuccés qu'on en doit attendre. Il eſt preſque auſſi important de ſçavoir les matiéres & les doſes des matieres qui ſont à rejetter, que de connoître celles qui doivent être

employées ; je pourrois bien décrire tout d'un coup les compoſitions qui m'ont paru les meilleures, & dire que je ne les donne pour telles, qu'après une infinité d'experiences ; mais pourquoy m'en croiroit-on, ſi je n'apprends, qu'elles ſont les experiences que j'ay faites ? car enfin il n'y a que ces experiences réunies, qui puiſſent prouver que la préference que nous donnerons à certaines compoſitions eſt fondée ; elles montreront la route que nous avons ſuivie, elles feront par conséquent voir, ſi nous avons tenté, tout ce qui pouvoit l'être avec quelque vraiſemblance pour la perfection de l'acier, pour la porter juſques où elle peut aller. D'ailleurs ſi nous avons obmis des experiences que quelqu'un croiroit ne devoir pas être négligées, on les entreprendra avec d'autant plus d'aſſurance qu'il n'y aura encore rien de décidé contre leur ſuccès.

Nous ne pouvons nous diſpenſer de commencer par donner une idée groſſiere de la façon dont on employe les matieres neceſſaires pour operer la converſion du fer en acier. Communément on a des caiſſes ou de grands creuſets quarrés dans leſquels on renferme les barres de fer qu'on veut changer en acier ; les uns font faire ces caiſſes ou creuſets de tole ; les autres les font faire de fonte, & d'autres enfin n'employent que des creuſets de terre ; au lieu de caiſſes quelques uns ont des fours conſtruits exprès, où ils peuvent placer de longues barres. Quoyqu'il en ſoit, après

avoir coupé ces barres d'une longueur proportionnée à celle de la capacité où on les veut mettre, on les couche, on les arrange, par lits qu'on sépare les uns des autres par d'autres lits faits de la composition propre à les changer en acier. Les creusets étant remplis, on les couvre, on les lutte, & on leur donne un feu violent & plus ou moins long selon la construction du fourneau, selon la quantité & l'épaisseur du fer qu'on y renferme, c'est ce qui sera expliqué dans les autres mémoires ; ce que nous venons de dire suffit pour l'intelligence de celui-ci.

Il s'agissoit de faire des experiences qui découvrissent l'effet que produisent sur le fer differentes matieres séparement, ou mêlées ensemble en differentes proportions, qui envelopperoient ce fer pendant qu'il seroit chaufé par un feu d'une force, & d'une durée convenable : pour y parvenir je commençai par faire faire quantité de petits creusets de terre, quarrés, ou quarrés long. Tous les creusets d'une même fournée étoient égaux & semblables ; je renfermois dans chaque creuset des morceaux de fer de même qualité, égaux en poids & en toutes dimensions. Je leur donnois le feu le plus égal qu'il m'étoit possible ; j'entourois le fer de chaque creuset d'une matiere differente, ou d'un meslange de matieres differentes ; c'étoit donc uniquement à la difference des matieres qu'il falloit attribuer la difference des changemens faits dans le fer, puisque d'ailleurs tout le reste étoit égal.

J'ai ſouvent employé des creuſets qui ne pouvoient contenir qu'une demi-livre ou même un quarteron de fer, avec la compoſition qui le devoit envelopper. Par-là j'avois la facilité d'expedier trente à quarante eſſais dans une ſeule fournée d'un aſſés petit fourneau. Si j'euſſe voulu commencer par des experiences en grand, les fonds d'un puiſſant état euſſent à peine pû ſuffire à toutes celles dont j'ai eu beſoin. Auſſi dirai-je en paſſant, que la plûpart de ceux qui ont tenté de convertir les fers du Royaume en acier ont échoué pour avoir voulu commencer à travailler trop en grand; il nous a paru que quelques uns avoient le fond du ſecret; mais avant de ſçavoir ce qu'il falloit y ajoûter ou y retrancher par rapport à la nature des fers auſquels ils devoient l'appliquer, ou par rapport à la conſtruction des fourneaux dont ils étoient obligés de ſe ſervir, ils ont toûjours voulu commencer par convertir à la fois une grande quantité de fer; leurs premiers eſſais leurs coûtoient ſi cher, qu'avant qu'ils euſſent pû parvenir à faire tous ceux qui étoient néceſſaires pour rectifier les doſes de leur compoſition, ils avoient épuiſé leur petite fortune, & toutes les reſſources qu'ils pouvoient tirer de ceux qui s'étoient aſſociés avec eux.

Je commençai par eſſayer huit compoſitions differentes; les trempes en paquet m'avoient donné l'idée de quelques unes, je leur en joignis d'autres que j'avois trouvé imprimées, & une que

M.

M. d'Angervilliers, attentif au bien du Royaume, nous avoit tiré d'Allemagne, d'où ſon Intendance de Straſbourg le met à portée. Le ſuccès de cette premiere experience fut au moins auſſi heureux que je l'attendois ; les fers de tous mes creuſets, après 59. heures de feu, furent plus d'à moitié changés en acier ; remis au feu une ſeconde fois, & pendant un pareil tems, ils le furent entierement. A la verité ils n'étoient pas des aciers tels que je les cherchois ; les uns étoient trop groſſiers, d'autres n'étoient guére plus durs que le fer ; quelques-uns étoient fins & durs, mais ils ne pouvoient ſoûtenir le marteau, il eût été impoſſible de les travailler. C'en étoit pourtant aſſés pour m'apprendre que j'étois ſur les voyes, mais qu'il falloit démêler ce qui manquoit à quelques-unes de mes compoſitions, ce que d'autres avoient de trop ; enfin qu'il falloit les décompoſer chacune, pour connoître l'effet de chacune de leurs matieres, & que je viendrois enſuite à combiner ces differentes matieres en differentes proportions.

Mais pour ne rien laiſſer en arriere, & remonter auſſi loin qu'on pouvoit aller, je crus qu'il falloit commencer par rechercher ſi le fer qui a été chauffé long-tems, & violemment ſans être exposé à l'action immédiate de la flâme, de cela ſeul n'acquieroit pas les qualités de l'acier. Si la durée du feu ſeule n'avoit pas produit une partie des changemens que j'avois obſervé. Pour m'en éclaircir, je renfermai des morceaux de fer

dans divers creuſets où je ne les entourai que de matieres inſipides, ou preſque inſipides: les uns étoient enveloppés de terre à Potier, pareille à celle dont le creuſet étoit fait; d'autres l'étoient de chaux commune; d'autres de plâtre; d'autres de poudres d'os calcinés; d'autres de differentes ſortes de ſable; d'autres de cendres leſſivées, & enfin d'autres de verre pillé. Tous ces eſſais m'apprirent que le feu n'étoit pas capable de convertir en acier un fer qui n'étoit environné que de matieres trop terreuſes & preſque inſipides. Pluſieurs de ces matieres ont pourtant produit des effets differens ſur le fer, qui m'ont paru meriter d'être remarqués, & qui pourront avoir leurs utilités.

La chaux ordinaire, par exemple, la chaux d'os ou les os calcinés loin de donner au fer quelque diſpoſition à être acier, n'en ont fait qu'un fer plus doux à la lime, & au marteau; & c'eſt une obſervation dont nous ferons dans la ſuite des uſages, qui valent peut-être bien celui de convertir le fer en acier.

Mais une ſeconde obſervation, que la précedente rendra encore plus ſinguliere, c'eſt que le plâtre qui n'eſt lui-même que la chaux d'une eſpece de pierre tendre, & dont on auroit dû attendre des effets aſſés ſemblables à ceux de la chaux ordinaire en a produit de très-differens. A la verité il n'a point changé le fer en acier; mais qui auroit ſoupçonné que ce fût un des fondants

du fer des plus efficaces? Quand j'ai donné au creuſet, où j'avois mis du plâtre, une chaleur auſſi violente qu'aux autres creuſets, j'ai trouvé les barreaux de fer réduits en une maſſe ronde, ou un peu applatie, en un mot, dans une maſſe qui s'étoit moûlée ſur le fond du creuſet. Quand la chaleur a été moins vive, que le fer n'a pas été mis en fuſion, il a été tout diviſé en écailles qui ſe ſéparoient pour peu qu'on les touchât ; il reſtoit ſeulement au centre de chaque barreau quelques filets d'un fer fort doux, mais les écailles étoient friables, comme ſont toutes les écailles de fer. J'ai quelquefois ouvert les creuſets, où j'avois mis du plâtre, lorſque ce fer commençoit à s'échauffer, & j'ay vû un phenomêne ſingulier ; le plâtre rejailliſſoit par boüillonnemens hors du creuſet comme l'eût fait une liqueur, mais beaucoup plus haut. C'étoient de vrays boüillons, de vrays jets d'une poudre fine, car le plâtre étoit reſté en poudre, comme il y avoit été mis ; auſſi les creuſets où j'ai mis du plâtre ont preſque toûjours été briſés avant d'avoir ſoûtenu une grande chaleur. Après cette experience j'ai tenté ſi la chaux ordinaire, & la chaux d'os, n'aideroient point de même à la fuſion du fer, & il ne m'a pas paru qu'elles la facilitaſſent.

Le fer qui avoit été entouré de ſable, tel que celui de Fontenay-aux-Roſes, fort eſtimé des Fondeurs de Paris, ce fer, après avoir été tiré du creuſet, n'en parut que plus doux ; il n'eut ſon ancien-

ne dureté qu'après qu'il eût été trempé dans l'eau froide. Cette expérience apprend que les Forgerons peuvent hardiment jetter des ſables de la nature du précédent ſur le fer qu'ils veulent empêcher de ſe brûler dans la forge, qu'ils n'ont point à craindre qu'il en devienne plus rebelle au marteau, ou à la lime.

Quoyque le fer n'eût pris dans cette experience aucune diſpoſition à être acier, il eſt pourtant à remarquer que dans celle-ci & dans quelques autres, il s'y eſt fait une ſorte de changement, mais auquel le feu a, je crois, la plus grande part: les barreaux de fer qui étoient fibreux, y perdirent leurs fibres, & les barreaux de fer qui étoient compoſés de lames ſe trouverent enſuite avoir des lames plus petites.

Les morceaux de fer qui ont été enveloppés de terre à Potier, ou glaiſe, molle qui avoit été moulée ſur leur figure, ſont auſſi reſtés pur fer. Ils ont paru cependant réſiſter plus à la lime que ceux qui avoient été mis dans les autres compoſitions.

Les cendres leſſivées firent au plus autant d'effet que la terre à potier.

Le verre approche aſſés de la nature des ſables, il a à la verité plus de ſels qui le rendent plus fuſible; mais il garde ceux dont il s'eſt ſaiſi. Le fer de quelques creuſets étoit entouré de verre pillé, qui avoit été paſſé par un tamis très-fin. Ce fer a pris quelque dureté, ſans devenir acier en au-

cune façon. Ce que cette experience a offert de remarquable, c'eſt que les barreaux, qui avoient été mis dans les creuſets, noirâtres, ſales, peut-être un peu roüillés, en ſortirent très-blancs; l'acier qui ſe découvre le mieux n'eſt pas ſi blanc, dans les endroits où il a été trempé le plus chaud. Le verre s'étoit fondu, il avoit moüillé &, pour ainſi dire, lavé les morceaux de fer; il en avoit emporté toute la craſſe ſans en enlever d'écailles, au moins le volume du fer n'étoit-il pas diminué ſenſiblement. Pluſieurs arts demandent un fer parfaitement décraſsé, on *décape*, ou décraſſe dans des eaux aigres les feüilles de fer qu'on veut étamer; peut-être y a-t-il des circonſtances où on pourroit ſubſtituer à ces eaux l'expédient que nous fournit l'expérience précedente; ſi il réuſſiſſoit il épargneroit un long & fatiguant travail, comme l'apprend l'art d'étamer le fer, ou de faire le fer blanc en feüilles.

Mais le réſultat des expériences précedentes, qui regarde notre objet préſent, c'eſt que le fer ne ſçauroit être converti en acier par la ſeule chaleur du feu; & que cette chaleur ne trouve pas des ſecours ſuffiſants dans les matieres inſipides, trop terreuſes, trop dénuées d'huiles ou de ſels; que ces matieres terreuſes ne ſont pas par elles-mêmes propres à avancer la converſion du fer en acier.

Les faiſeurs de trempes en paquet vantent le ſuc de quelques plantes pour l'endurciſſement du fer; pluſieurs font ſur tout entrer beaucoup d'ail dans

leurs compoſitions ; jamais les ſauſſes les plus piquantes n'ont été aſſaiſonnées d'autant de ſuc de cette plante que le furent des matieres inſipides dont j'enveloppai les fers de quelques creuſets ; mais cet aſſaiſonnement n'a pas fait une compoſition fort active ; elle n'a pas changé la condition du fer.

J'ai eſſaié enſuite ce que pouvoient ſeules, ſur le fer, les graiſſes, & les matieres huileuſes. J'ai abreuvé copieuſement de differentes graiſſes, comme de ſuif ordinaire, & de differentes huiles, ſur tout d'huile de lin, des terres & des chaux que j'avois reconnu ci-devant incapables de produire par elles-mêmes aucun effet. De ces terres ou chaux abreuvées, j'ai fait des eſpéces de pâtes dont j'ai enveloppé les fers de differens creuſets. J'ai reconnu par ces experiences que les huiles ſeules, n'étoient pas en état d'agir ſur le fer pour le convertir en acier. Il arrive à la verité que ces huiles ſont plûtôt brûlées qu'on ne voudroit, mais quoique, pour les empêcher de ſe brûler viſte, j'aie ſouvent lutté les creuſets avec grand ſoin ; Je n'ai pas vû qu'elles aient produit de changement dans le fer par rapport à l'acier.

J'ai de même éprouvé l'effet des ſels, ſoit en n'entourant que de ſels de differentes eſpéces des lames de fer, ſoit en mêlant une quantité conſiderable de ces ſels avec des matieres terreuſes & inſipides. Ces experiences m'ont encore appris que les ſels ſeuls ne pouvoient donner au fer aucune diſ-

poſition à être acier ; tout ce qu'ils ont fait a été de couper les fibres du fer doux, ſans le mettre en état de prendre des grains & de la dureté par la trempe.

Mais j'ai vû que cet effet, qui ne pouvoit être produit ni par le feu ſeul, ni par les huiles ou graiſſes ſeules, ni par les ſels ſeuls, le pouvoit être par des huiles & des ſels mêlés en certaines proportions. On ſçait que le ſavon n'eſt préciſément qu'une huile épaiſſie par des ſels alcali juſques à devenir un corps ſolide. J'ai mêlé du ſavon en differentes doſes avec des matieres purement terreuſes ; le fer qui a été entouré par ce mêlange a été changé en acier à moitié ; je veux dire que la partie inferieure des barreaux a pris les qualités de l'acier, pendant que les parties ſupérieures ſont reſtées fer. Si la converſion n'a pas été faite en entier, ce n'eſt pas par le défaut d'activité du ſavon, mais parce que s'étant fondu il n'a plus occupé que le bas du creuſet, & n'a pu agir que ſur le fer qui y étoit. Le fer qui avoit changé de nature étoit à la verité de fort mauvais acier, mais tel qu'il étoit, il prouvoit du moins que c'eſt du mêlange des parties huileuſes, & des parties ſalines qu'il faut attendre la converſion du fer en acier.

J'ai donc paſſé enſuite à eſſayer des matieres chargées naturellement d'huiles, de ſels ; j'ai d'abord eſſaié ces matieres ſeules, ſans aucuns mêlanges. J'ai mis dans quelques uns de mes creuſets des charbons de bois réduits en poudre ; dans d'autres du

charbon de terre; dans d'autres des cendres de bois neuf, non leſſivées; dans d'autres de la ſuye, tantôt telle qu'on la tire des cheminées, tantôt après l'avoir fait brûler; dans d'autres de la corne aſsés brûlée pour être réduite en charbon, & non en cendre, je la faiſois piller, & enſuite paſſer par un tamis. Dans d'autres creuſets j'ai mis de la ſavatte brûlée au même point que la corne, & préparée de la même maniere. J'ai auſſi eſſaié des fientes de divers animaux, comme celles de chevaux, de poules, de pigeons, ſoit ſans les faire brûler, ſoit après les avoir fait brûler. J'ai trouvé que chacune de ces matieres avoit la force de changer le fer en acier, ce qu'on devoit attendre des parties huileuſes & ſalines dont elles ſont impregnées. Mais toutes ces matieres ne ſont pas également efficaces. Le charbon de bois, la ſuye, la ſavatte brûlée peuvent ſeules changer le fer en aciers fins & durs mais qui ſont pour l'ordinaire difficiles à travailler, qui après avoir été forgés reſtent pleins de fentes, & de gerſures. D'ailleurs elles demandent un feu un peu long; l'effet de la ſuye & celui de la ſavatte ſont pourtant plus prompts que celui du charbon. La corne ſi vantée par les faiſeurs d'acier ne m'a paru avoir aucun avantage ſur la ſuye, elle a même produit beaucoup moins d'effet. La cendre ne rend pas le fer difficile à travailler, mais elle le rend très-peu acier, elle en fait au plus un acier très-groſſier qui ne merite pas le nom d'acier. La fiente de pigeon donne des aciers fins,

mais

mais intraitables, c'est-à-dire, des aciers qui, lorsqu'on les forge à chaud, s'en vont par parcelles sous les coups du marteau. La fiente de cheval, & la fiente de poule n'ont guére fait plus qu'une cendre ordinaire. Le charbon de terre, qui avoit été pillé & sassé, a produit un effet très-prompt, & a beaucoup diminué le volume du fer, il l'a rongé, il en a fait un acier dur, fin, mais intraitable.

Le résultat général de ces dernieres expériences me parut être que plusieurs des matieres ci-dessus pouvoient entrer dans les compositions propres à convertir le fer en acier; qu'il falloit en retrancher quelques-unes, ou moderer leur effet, telles sont celles qui rendent l'acier intraitable; qu'il falloit au contraire chercher à animer l'activité de celles qui semblent agir trop foiblement ou trop lentement; & pour cela éprouver si l'addition de certains sels ne les mettroit pas en état d'agir plus efficacement.

J'ai donc cherché quels secours on pourroit donner à ces matieres, j'ai tâché de découvrir de quels sels on les devoit attendre. Plus les expériences sont composées, & plus il est difficile de prononcer sur leur cause, & même sur leur succès. Aussi étoit-il plus difficile de décider sur l'effet de chaque sel que sur celui des autres matieres que j'avois tentées. Les sels, comme nous l'avons vû ci-devant, n'opérent rien par rapport à la conversion du fer en acier, quand ils sont seuls, ou mêlés avec

des matieres trop terreuſes ; d'autres expériences avoient montré juſqu'où va l'effet du charbon ſeul; je l'ai pris pour baſe, & j'ai eſſayé ce qu'il feroit de plus ſelon la differente eſpéce de ſel avec laquelle il auroit été combiné, c'eſt ainſi que j'ai cru devoir éprouver d'abord l'effet des differentes ſortes de ſels. J'ai pris un poids égal de chacun, je l'ai mêlé avec un poids de charbon beaucoup plus grand que celui du ſel, mais égal dans chaque creuſet, & qui par tout entouroit un morceau de fer égal. J'ai fait enſuite de pareils eſſais ſur les mêmes ſels en leurs donnant pour baſe, pour intermede un mêlange de ſuye, de cendre, & de charbon, dont nous déterminerons ailleurs les proportions.

Les effets des ſels éprouvés de ces deux differentes manieres m'ont ſemblé être à peu près les mêmes, & voici ce que j'ai pû tirer de plus eſſentiel de ces expériences repetées diverſes fois.

Il m'a paru que les alcalis fixes acceleroient la converſion du fer en acier, mais qu'ils le rendoient preſque toujours un acier difficile à forger, plein de gerſures, qui ne ſe laiſſoit pas ſouder, ni corroyer. C'eſt ce que j'ai vu lorſque j'ai employé differentes ſoudes, comme celles de Cartagene & d'Alicante, des Potaſſes, &c. Le Natron d'Egypte qui paroît tenir auſſi des ſels alcali, & que quelques Chimiſtes donnent pour exemple des alcali, qui ne ſont pas l'ouvrage de l'Artiſte, le Natron d'Egypte, dis-je, m'a de même donné un acier difficile à forger.

D'autres ſels m'ont paru plutôt arrêter qu'aider l'effet du charbon. Tel a été le Borax. J'ai douté auſſi ſi l'alun & le vitriol vert avoient contribué de quelque choſe à avancer la converſion du fer ; je n'ai été ſûr qu'ils aient operé quelque choſe, qu'après les avoir employés en doſe conſidérablement plus forte que les autres ſels.

Un effet plus ſingulier de quelques ſels, c'eſt que l'acier qui a été leur ouvrage, n'a pas été un acier durable. L'acier qui après avoir été forgé & trempé une fois avoit un grain beau & fin, forgé & trempé une ſeconde fois n'avoit plus, ou preſque plus de grain. Cet effet ſingulier n'a pas pourtant été produit conſtamment par les mêmes ſels; je veux dire, que quand j'ai voulu refaire, avec ces ſels, des aciers peu durables, que je n'y ai pas toujours réuſſi. Les ſels qui m'ont donné quelque fois des aciers ſi peu fixes, ne ſont pas de même nature, ce qui rend ce phenomêne plus difficile à expliquer; ce ſont le ſel ammoniac, le ſel appellé ſel de verre, le vitriol, le ſalpêtre concentré par le tartre, ou le ſel qu'on trouve après avoir fait bruler deux parties de tartre, & une de ſalpêtre meſlées enſemble. Ce dernier ſel, comme tous les ſels alcali, a produit un acier difficile à mettre en œuvre.

On a reproché aux aciers faits de fer forgé de perdre leur fineſſe à meſure qu'on les travaille, mais ce n'eſt pas un deffaut qui leur ſoit général, il eſt propre à ceux qui doivent partie de leur tranſ-

formation à des ſels analogues à ceux dont nous venons de parler. Les aciers de fer forgé ſe ſoutiennent à peu près comme ceux qui ſont tirés immediatement des fontes, quand ils ont été faits avec les ingredients convenables.

Enfin la concluſion la plus importante, que j'ai tirée des experiences ſur les ſels, c'eſt qu'elles ont démontré que de tous les ſels le plus propre à changer le fer en un acier fin, dur, aisé à forger, qui ne s'affoiblit point pour être forgé, eſt le ſel marin: le ſel gemme & le ſel tiré des chaudieres où l'on raffine le ſalpêtre, quoique de même nature, ne m'ont même jamais ſi bien réuſſi que le ſel tiré des eaux de la mer; ce n'eſt pas que je croie qu'on ne puiſſe ſubſtituer le ſel tiré des mines, ou du ſalpêtre, au ſel tiré des eaux de la mer, mais je rapporte ſcrupuleuſement ce qui m'a paru, quand je dis que le ſel marin m'a mieux réuſſi.

Pour avoir des experiences plus complettes ſur les ſels, après avoir eſſayé l'effet des ſels ſecs, j'ai voulu faire quelques tentatives avec des ſels fluides, des eſprits de ſels. J'ai imbibé d'eau forte le charbon dont je voulois remplir un creuſet, juſqu'à ce qu'il fuſt réduit en une pâte molle. Le fer enveloppé de cette pâte eſt devenu un acier qui n'a duré que juſqu'après la premiere trempe; forgé & trempé une ſeconde fois, il eſt redevenu fer. Si nous ne nous étions interdits tous raiſonnements dans cette premiere partie, cette experience nous donneroit occaſion d'expliquer pourquoi les aciers

faits par certains ſels ne ſont pas durables, comme ils le ſeroient ſi ils étoient faits avec le ſeul charbon. Je n'ai pas cru devoir pouſſer plus loin les experiences ſur les eſprits des ſels ; il ne ſeroit pas commode dans la pratique d'être obligé d'y avoir recours, la dépenſe en pourroit être trop augmentée ; il eſt à craindre que l'acier, qui ſeroit l'ouvrage d'eſprits quelques qu'ils fuſſent, ne ſe ſoutint pas au feu comme ceux qui ſont faits par des ſels ſecs ; d'ailleurs l'évaporation des eſprits, renfermés dans les creuſets, ſeroit très-conſiderable.

Outre les ſels, j'ai cru devoir tenter ſi on n'employeroit point avec ſuccès diverſes matieres minerales qui ſont de grands fondants du fer, & qui par conſéquent pourroient être ſoupçonnées propres à changer ſa tiſſure ; quelques-unes même de ces matieres, ſont indiquées comme excellentes pour certaines trempes. Tels ſont l'Antimoine, l'Arſenic, le ſoufre commun, & le vert-de-gris. Mais de quelque façon que les trois premieres matieres aient été combinées, j'ai trouvé qu'elles n'étoient bonnes qu'à gâter le fer ou l'acier ; pour le vert-de-gris employé en petite quantité, comme les ſels, il ne m'a pas paru produire d'auſſi mauvais effets qu'on en auroit pu attendre ; il n'a pas empêché l'acier de ſe ſouder, ce qui eſt bien contraire au préjugé des Ouvriers qui croient que tout ce qui tient un peu du cuivre rend le fer intraitable.

La tiſſure du fer qui avoit été entouré de char-

bon pillé, meflé avec de l'antimoine a été changée, mais fans devenir celle de l'acier. Il n'avoit plus ni lames brillantes, ni fibres comme les fers ordinaires, ni grains comme l'acier; les molecules avoient pris une figure moyenne, elles étoient plus applaties que les grains-d'acier & plus relevées que les lames du fer, elles étoient ternes au lieu que les lames du fer font brillantes.

Le foufre commun employé en même dofe & avec même dofe de charbon que les matieres précedentes a changé un fer doux en un fer intraitable, & a empêché le charbon de le rendre acier. Mais lorfque j'ai meflé la même quantité de charbon avec un poids d'acide de foufre, égal à celui du foufre que j'avois fait entrer dans l'autre meflange, le fer n'a pas laifsé de fe changer en acier groffier, & qui fe foudoit difficilement.

Après avoir éprouvé toutes les matieres que j'ai imaginées capables d'agir fur le fer; après avoir reconnu celles qui étoient entierement à rejetter & celles qui pouvoient être employées avec quelque fuccès, il reftoit à effayer quel effet produiroient les matieres efficaces differemment combinées enfemble, & en differentes proportions; laquelle de ces combinaifons étoit la plus heureufe; & au moyen de toutes ces tentatives il n'y avoit guére d'apparence que les plus avantageufes des compofitions pour convertir le fer en acier m'échapaffent. A la verité le nombre des combinaifons, qui fe préfentoient, étoit grand, mais il n'étoit pas

aussi immense qu'il le pouroit paroître. On n'est pas obligé d'avancer par des differences presque insensibles, quand on veut produire des effets sensibles; les précisions Physiques ont d'asés grandes latitudes.

Après, dis-je, toutes ces experiences les compositions qui m'ont paru les meilleures ne demandent que du charbon pillé, de la cendre, de la suye de cheminée, & du sel marin. Mais de ces matieres meslangées en differentes proportions, on peut faire differentes compositions dont celle que je regarde comme la plus propre à changer le fer en acier très-fin, & très-dur, consiste en deux parties de suye, une partie de charbon pillé, une partie de cendre & trois quarts de partie ou quelque chose de moins de sel marin; c'est-à-dire que, si on employe seize livres de suye, on en employera huit de charbon, huit de cendre & six livres, ou seulement cinq livres de sel marin.

Je donne à cette composition la préference, lorsqu'on a à convertir en acier les fers qui y sont les plus propres; une autre partie de notre art apprendra les caracteres de ces fers; mais cette même composition n'est pas celle qui convient le mieux à certains fers; elle en feroit des aciers trop difficiles à forger, qui auroient peine à se laisser souder ou corroyer, & qui après avoir été travaillés resteroient gerseux. Ces sortes de fers demandent une composition moins active; voici celle qu'on leur doit donner. Prenez deux parties de

cendre, une partie de ſuye, une partie de charbon, & trois quarts de partie de ſel marin ou environ comme dans la premiere.

Cette derniere compoſition peut comme la premiere être employée avec ſuccès ſur les fers les plus propres à devenir acier; elle les convertit comme l'autre en bons aciers, mais elle agit plus lentement; quand on ſe ſert de cette compoſition, l'opération n'eſt finie qu'après une durée du même feu beaucoup plus longue, & cette raiſon ſeule mériteroit la préference à la premiere compoſition à qui elle eſt peut-être deüe encore, parce qu'elle donne quelques degrés de fineſſe de plus à l'acier.

On verra même dans la ſuite qu'on peut toujours hardiment l'employer ſur diverſes ſortes de fers qu'elle change neantmoins en aciers un peu difficiles à traiter; & cela parce que nous donnerons des remedes pour corriger les mauvais effets qu'elle auroit pu produire, & ces remedes ne couteront guére en temps & en charbon, que ce que demande de plus la compoſition la moins active.

Il n'eſt que trop ordinaire de vouloir donner du myſterieux à tout ce qu'on nomme recepte, compoſition; on preſcrit au moins des doſes dont on ne permet pas de s'écarter, c'eſt à quoy ne manquent guére les donneurs de ſecrets; nous les imiterions, & nous n'en avons nulle envie, ſi nous manquions d'avertir qu'entre les deux compoſitions que nous venons d'enſeigner, il y en a une infinité de moyennes dont on peut ſe

ſervir

ſervir avec ſuccès. Nous n'avons déterminé ſi préciſément les doſes des deux précedentes que parce qu'il faut donner à la plupart des Ouvriers quelque choſe de fixe, à quoy ils puiſſent ſe tenir; mais ce que nous pouvons & devons aſſurer, c'eſt que les doſes de ces deux compoſitions apprennent les limites entre leſquelles il eſt à propos de ſe renfermer; on ne ſçauroit s'en écarter beaucoup ſans courir riſque de faire de l'acier trop difficile à forger, ou de l'acier trop groſſier, & qui demanderoit une opération trop longue: ſi, par exemple, on diminuoit dans la premiere compoſition la doſe de la cendre, ou qu'on voulût l'en exclure entierement, il ſeroit très-rare de trouver des fers qu'elle changeât en aciers aisés à travailler. Si au contraire on augmentoit trop la quantité de la cendre, qu'on lui donnât à elle ſeule trois des parties de la compoſition, & qu'on diviſât la partie reſtante entre le charbon & la ſuye, il faudroit un feu beaucoup plus long pour rendre le fer acier, employer une beaucoup plus grande quantité de compoſition, & ſouvent on n'auroit que de l'acier groſſier. Mais lorſqu'on prendra des termes moyens entre les deux limites que nous avons aſſignées, on pourra le faire ſans inconvenient. Par exemple un tiers de ſuye, un tiers de cendre, & un tiers de charbon, avec la doſe de ſel de l'une des compoſitions, feront un meſlange qui réuſſira. Mais ſi on a du fer qui ait toutes les qualités requiſes pour devenir de bon acier, la premiere com-

poſition vaut mieux par les raiſons que nous en avons indiquées ; & ſi on a un fer à qui quelques-unes de ces qualités manquent, il eſt plus ſur de ſe ſervir de la ſeconde que de l'autre. En voilà aſsés pour conduire dans la pratique, nous ajouterons ſeulement pour regle, que plus il a de matieres huileuſes dans la compoſition & plus il y a de riſque de faire un acier gerſeux, difficile à forger, & plus auſſi l'acier ſe fait promptement ; c'eſt la ſuye & le charbon qui contiennent principalement les matieres huileuſes, on en diminüe donc la quantité quand on affoiblit la doſe de ces deux matieres & qu'on augmente celle de la cendre, qui eſt principalement employée pour moderer l'effet des deux autres ; elle agit auſſi par ſes ſels alcali, mais elle n'en a pas aſsés pour qu'ils puiſſent produire le mauvais effet dont nous avons parlé dans nos remarques ſur l'action des differents ſels.

Pour me convaincre encore davantage de ce mauvais effet d'une trop grande quantité de parties huileuſes, j'ai abbreuvé d'huile de lin les matieres de la premiere compoſition ; l'acier a été rendu très-difficile à forger dans les circonſtances où il ne l'eut pas été, ſi la compoſition n'eut pas eu cette addition d'huile.

La doſe de ſel marin que nous avons déterminée n'eſt pas non plus ſi eſſentielle qu'elle ne puiſſe être variée ; on pourroit même abſolument l'exclure, mais l'opération ſeroit plus lente ; le ſel contribue fort à l'accelerer, & contribue à la du-

reté, & à la fineſſe de l'acier. Si on excluoit le ſel marin, il faudroit une plus grande quantité de compoſition par rapport à la même quantité de fer. On peut auſſi augmenter cette doſe, mais augmentée juſqu'à un certain point elle eſt nuiſible; ſi on la double, par exemple, il y a à craindre de rendre l'acier gerſeux; ſoit que le ſel faſſe cet effet par lui-même, ſoit qu'il donne plus de facilité aux parties huileuſes de s'introduire dans le fer; cependant l'augmentation du ſel marin ne m'a jamais paru produire de ſi mauvais effets que l'augmentation des matieres huileuſes.

J'ai mis dans un creuſet du charbon pilé tout ſeul, c'eſt-à-dire, ſans ſel & ſans autre matiere, mais en grande quantité par rapport au poids du fer. Ce fer a été changé en acier fin, mais ce n'a été qu'aprés un temps preſque double de celui qu'il eût fallu à la premiere compoſition pour opérer le même effet, & cet acier aprés avoir été forgé étoit plein de gerſures.

Quand j'ai voulu faire entrer dans mes compoſitions des matieres inſipides ou preſque inſipides, comme de la terre à Potier, du ſable, de la chaux, j'ai arrêté ou affoibli l'effet des matieres actives, ſelon que j'ai donné des doſes plus fortes ou plus foibles des inſipides. C'eſt auſſi l'effet qu'on en devoit attendre. Si pourtant on avoit à convertir en acier des fers qui ont trop de diſpoſition à devenir des aciers difficiles à forger, on pourroit en rendre quelques-uns des aciers traitables, en mode-

rant l'effet des matieres actives, par quelque matiere absorbante. Qu'à notre composition foible, sçavoir de deux parties de cendres, d'une partie de charbon, d'une partie de suye, & trois quarts de partie de sel, qu'à cette composition, dis-je, on ajoute une partie de chaux ordinaire; ou pour le mieux encore une partie de chaux d'os, c'est-à-dire, une partie d'os brulés & réduits en cendre. Il y a des fers, que par toute autre composition, je n'avois pu changer qu'en des aciers qui ne pouvoient soutenir le marteau, qui par celle-ci sont devenus des aciers aisés à forger. On peut même pousser plus loin la dose des matieres insipides. J'ai fait quelquefois convertir du fer en acier après avoir meslé deux parties de chaux d'os, avec une partie de cendre, une de charbon, une de suye & la dose de sel ordinaire. Mais après tout il vaut mieux ne point chercher à changer en acier les fers qui demandent qu'on introduise ces correctifs dans les compositions; si on y en introduit trop, ils arrêtent totalement le succès de l'opération. J'ai, par exemple, essaié un procedé raporté dans un livre à secrets qui concerne les arts imprimé à Paris, chez Jombert en 1716. tom. 1. pag. 12. qui ne m'a pas réussi; & cela, je crois, parce qu'on y met une dose de chaux vive trop forte par rapport au reste. Ce procedé veut qu'on prenne une partie de suye, trois quarts de partie de cendre de bois de chesne, un quart de partie d'aulx broiés, qu'on fasse boüillir le tout dans douze parties d'eau, jusqu'à ce que ces douze parties

ſoient réduites à quatre, qu'on y trempe les billes de fer & qu'on les ſtratifie, ou arrange par lits ſeparés par la compoſition faite de trois parties de charbon, trois de chaux vive, une de ſuye & un quart de ſel decrepité. Ce beau procedé a laiſſé mon fer très-doux, ce que j'ai attribué à la trop grande quantité de chaux vive.

J'ai quelquefois ajouté un huitiéme de partie de chaux dans mes compoſitions ordinaires. En ſi petite doſe elle n'y a pas fait de mal, elle a même produit un bon effet qui a été de diminuer certaines bourſouflures dont nous parlerons dans la ſuite, qui s'élevent quelquefois ſur la ſurface du fer. Une doſe de plâtre plus foible que celle de la chaux, c'eſt-à-dire, environ un douziéme de partie, eſt encore plus efficace pour les arrêter.

Le verre pilé, que quelques-uns font entrer dans leurs compoſitions, n'a guére auſſi d'uſage que de diminuer ces bourſouflures, mais il ne fait pas mieux que la chaux & le plâtre, & ce ſeroit un embarras dans les manufactures que de recouvrer aſsés de verre pour le piler. D'ailleurs le mal auquel il remedie eſt ſi leger, que c'eſt un mal dont on ne doit nullement s'inquieter. Il faut ſur tout avoir en vuë dans des établiſſements en grand, de n'employer que des matieres aisées à avoir.

Le même livre dont nous venons de parler cideſſus; enſeigne, page 31. une autre compoſition d'un des ingrédients de laquelle il ſeroit, par exemple, difficile de ſe fournir pour le travail en grand;

elle consiste en douze parties de charbon de hestre éteint dans l'urine ; dix parties de corne, trois parties de cendre de bois neuf, trois parties de poudre d'écorce de grenade. Où des manufactures feroient-elles leur provision de cette derniere poudre, que d'ailleurs je crois ici plus nuisible qu'utile?

Mais pour revenir aux deux compositions à qui nous avons cru devoir donner la préference, elles ne demandent heureusement que des drogues faciles à recouvrer par tout, & qui, si on en excepte le sel marin, sont par tout à bon marché. Les préparations qu'elles veulent n'engagent pas aussi a de grands frais. Pour la suye tout se reduit à la faire passer par un gros sas, ou une espece de crible ; si on la réduit en parties fines, tout pourtant n'en sera que mieux : il n'est point du tout necessaire de la faire brusler ; ce que j'ai reconnu après l'avoir emploié bruslée, & non bruslée. A l'égard de la cendre, malgré tout ce qu'on a dit sur le choix qu'on en devoit faire, pourvû qu'elle soit de bois neuf, de quelque espece que soit le bois, je l'ai toujours trouvé bonne ; on la passe par un tamis mediocrement fin ; on passe le charbon par un pareil tamis, après l'avoir réduit en poudre par le moyen d'un pilon. Tout charbon peut être emploié, quoique celui de chesne soit un peu plus actif, le charbon de bois blanc ne m'a pas paru réussir d'une maniere differente sensiblement. Le charbon de hestre, moyen entre celui de chesne & celui de bois blanc, merite peut-être

d'être preferé. Mais à parler naturellement ce ſont des differences difficiles à démeſler par les experiences les plus exactes & des differences ſi legeres importent peu dans la pratique.

Le ſel marin doit auſſi être réduit en une poudre fine; & pour le pulveriſer plus commodement, il faut commencer par le faire décrepiter dans un creuſet, c'eſt-à-dire, le tenir quelque temps dans un creuſet qu'on fera rougir ſur le feu. Enfin il ne reſte qu'à meſler les differentes doſes de ces matieres le plus exactement qu'il eſt poſſible.

Quand on veut travailler en grand, il y a des moyens, de faire toutes ces petites manipulations, qui abregent beaucoup le travail, il eſt ſi aisé d'en imaginer quil eſt peut-être aſsés inutile que nous en indiquions, & ces moyens peuvent ſe varier à la volonté de ceux qui ont beſoin d'y avoir recours.

Dans les manufactures on pulveriſera ſi l'on veut le charbon avec des pilons mus par l'eau, on n'auroit même à faire que quelques legeres additions aux Bocards des forges ordinaires, pour les mettre en état de ſervir à cet uſage. Au lieu que ces pilons, pour piler les craſſes de fer, tombent ſur des plaques arrosées d'eau, on les feroit tomber dans des auges de bois ou dans des eſpeces de mortiers. Enfin on pilera ici le charbon, ſi on veut, comme on le pile dans les moulins à poudre. On pourra piler le ſel marin dans ces mêmes mortiers. Pour tamiſer le charbon & le ſel,

on aura, ſi l'on veut, des tamis pareils à ceux des boulangers, renfermés dans des eſpeces d'Armoires, il ne tiendra même qu'aux maîtres des manufactures de les faire mouvoir par l'eau en la conduiſant ſur une roüe qu'on aura donnée à l'arbre du moulin. Pour la ſuye on la fera paſſer par des cribles fins. Tout cela ne demandera pas beaucoup de temps dans un travail reglé.

La compoſition ſera, pour ainſi dire, d'autant mieux faite, d'autant mieux dosée que ces differentes matieres auront été plus parfaitement meſlées. On peut le faire à bras, en y employant le temps neceſſaire ; on connoît que le meſlange eſt bien fait, quand la matiere paroît d'une même couleur en quelque endroit qu'on la prenne. On pourra faire uſage ici de toutes les machines propres à retourner, à meſler, des eſpeces de moulinets y pourroient être employés.

Pour mêler plus parfaitement le ſel, dans quelques experiences, je l'ai fait diſſoudre dans l'eau ; j'ai enſuite arrosé de cette eau les autres matieres déja bien meſlées, mais il ne m'a pas paru qu'il y eût à gagner dans ce procedé ; outre qu'il met dans la neceſſité de laiſſer sécher la compoſition pendant quelque temps, il m'a paru la rendre moins active ; le ſel peut-être en eſt plus aisément enlevé. J'ai trouvé auſſi plus d'inconvenients que d'avantages à demeſler ces drogues avec de l'urine, comme on demeſle celles des trempes en paquet, & comme nous avons vû qu'on l'enſeigne

pour

pour quelques compoſitions à acier. Des compoſitions humides, réduites en pâtes peuvent convenir aux trempes en paquet, quoyqu'elles ne conviennent pas pour l'acier ; on en verra la raiſon quand nous parlerons de ces trempes.

Comme les matieres qui entrent dans la compoſition doivent y être en certaines proportions, de même faut-il employer une certaine quantité de compoſition pour une certaine quantité de fer. Si on ne ménageoit pas aſsés la compoſition, on pourroit gaſter ſon acier, trop de compoſition le rend gerſeux ; & ſi on en employe trop peu elle n'a pas la force d'agir efficacement, elle le laiſſe fer. Il y a pourtant ici, comme dans le reſte, une aſsés grande latitude. La difference des creuſets ou caiſſes où l'on arrange le fer, la difference des fourneaux où on le chauffe engagent à mettre plus ou moins de matiere. Il ſuffit qu'on ſache qu'en général il ne faut que deux onces trois gros de compoſition par livre de fer ; c'eſt-à-dire une once de ſuye, une demi-once de cendre, une demi-once de charbon, & au plus trois gros de ſel. Pour le travail en grand on prendra pour chaque quintal de fer environ ſept livres de ſuye, trois livres & demie de charbon pilé, trois livres & demie de cendre, & deux livres & demie, ou trois livres au plus de ſel marin. Si le fer qu'on a à convertir en acier eſt d'une excellente qualité, on peut augmenter cette doſe de compoſition ; l'opération n'en ſera que plus prompte, & l'acier même pour-

ra y gagner par rapport à ses qualités, mais au contraire si le fer n'est pas bien propre à devenir de bon acier; le plus sûr sera de diminuer la dose précedente. Au reste le prix des matieres qui entrent dans la composition ne doivent pas engager à l'épargner ; quelque quantité, même superfluë, qu'on en employe, ce dont elles augmenteront le prix de l'acier au-dessus de celui du fer, ne sera pas un objet qui merite attention. Nous verrons dans les memoires suivants, à quoy iront les autres dépenses. Nous expliquerons aussi comment on arrange cette composition licts par licts, avec le fer ; mais nous ajouterons ici que quand on retire l'acier du fourneau on ne doit pas regarder la composition comme inutile, elle est diminuée de poids & de volume, mais ce qui reste est trés en état d'agir sur de nouveau fer. On peut hardiment mesler cette vieille composition avec la nouvelle, on n'affoiblira pas trop l'effet de celle-ci, pourvû qu'on ait eu attention de la conserver avec des précautions que nous n'oublierons pas de raporter ailleurs.



SECOND MEMOIRE,

Où sont rapportées des observations générales qui conduisent à régler le feu à propos.

CE n'eſt pas aſsés de connoître les compoſitions les plus efficaces, d'en ſçavoir proportionner les doſes à la quantité, & même à la qualité du fer ; il faut, pour ainſi dire, ſçavoir doſer la durée, & la violence du feu ; il faut ſur tout empêcher que la flamme n'ait aucune entrée dans les creuſets, ou capacités équivalentes, dans leſquelles le fer eſt renfermé.

Le feu du fourneau ne doit jamais agir immédiatement ſur le fer, ou ſur la compoſition ; ſon action ne doit ſe communiquer à l'un, & à l'autre, qu'au travers des parois qui les contiennent ; ſi il ſe fait quelque fente conſiderable à ces parois, on a beau pouſſer le feu, en augmenter la violence & la durée, les barres de fer, ou au moins les parties des barres qui ſe trouvent aux environs des fentes, reſtent toujours fer. Il ne devient acier qu'à l'aide de la compoſition, quand le feu pénétre dans la capacité qui la contient, il détruit cette compoſition, il en change la nature, il la réduit d'abord en cendre, & enfin dans une maſſe dure, à demi vitrifiée, qui ne ſçauroit plus four-

nir au fer les parties huileuſes & ſalines néceſſaires pour y produire les changements qu'elles devoient opérer.

Les creuſets, ou pareilles capacités, doivent être placés de façon qu'on puiſſe voir de temps en temps, ſi il ne s'y fait point de ces fentes dangereuſes ; quelque petites qu'elles ſoient, il eſt aiſé de les reconnoître; une flamme bleüe ne manque jamais de paroître tout du long de la fente; elle dure, cette flamme, juſqu'à ce que la ſuye, & le charbon ſoient réduits en cendre. En cas de pareil accident, ſi les fentes ſont grandes, & que l'opération ſoit peu avancée, il vaut mieux éteindre le feu, & retirer les barres que de continuer un travail qui feroit perdre du temps, du charbon, la compoſition employée, & une partie du fer. Mais ſi les fentes ſont étroites, qu'elles ne s'étendent que dans une partie de la largeur, ou de la hauteur du creuſet, & que l'opération ne demande plus qu'une courte durée de feu, on peut continuer de chauffer, car il faut du temps pour que la compoſition, qui eſt vis-à-vis les petites ouvertures, ſoit reduite en cendre, & celle qui en eſt un peu éloignée ne bruſle pas.

Il eſt donc eſſentiel que les capacités où ſont les barres, & la compoſition, ſoient très-cloſes; ſi elles ont un couvercle, ce couvercle doit être luté avec une terre qui ait quelque diſpoſition à fondre, car les terres qui réſiſtent plus au feu ſont ſujettes à ſe fendre. Outre que quand le couver-

cle bouche mal, la composition qui en est proche se brûle, c'est qu'il se fait une sublimation des sels, quelquefois si considérable que toutes les ouvertures du couvercle, ou de la voûte du fourneau, sont blanchies par les sels qui ont été enlevés. Je ne leur ai point trouvé d'autre goût que celui du sel marin; je nen ai jamais ramassé asses pour les essayer, autrement qu'en les goustant. La composition se trouve affoiblie de tous les sels qu'elle à perdu de la sorte, & ce qu'elle a perdu alors en parties huileuses, n'est pas moins considérable, pour être moins sensible.

Mais il est étonnant combien cette composition conserve long-tems sa force, si le creuset n'a point pris air; à quelque violence qu'on ait poussé le feu pendant plusieurs jours, on en retrouve les couches entre celles de fer, & après plusieurs jours de feu, à peu près dans le même état, qu'après quelques heures; elles ont leur premiere couleur; ce qu'elles ont perdu de leur épaisseur ne va pas au quart. Cependant quand j'ai pesé toute la matiere, qui avoit soutenu le feu, j'ai trouvé environ la moitié de diminution de son poids; mais il est probable que cette diminution doit être principalement attribuée aux parties aqueuses qui ont été enlevées, puisque le volume n'est pas diminué en pareille proportion que le poids; ce qui est de sûr, c'est que cette matiere paroît aussi inflamable qu'elle l'étoit, par conséquent sa partie huileuse n'a pas été consumée, quoyqu'elle ait bruslé pen-

dant si long-temps. Ce fait, singulier en apparence, est cependant selon les regles de la Physique ordinaire; le feu ne consume les corps qu'autant qu'il peut enlever leurs parties; il ne sçauroit ici enlever celles de nos matieres; un charbon allumé, bien couvert de cendres, est long-temps en feu, avant d'être entierement bruslé. Les parois d'un creuset sont bien un autre obstacle à l'évaporation que la cendre, la matiere n'y resteroit pas enflammée, si le feu ne l'allumoit, pour ainsi dire, à chaque instant.

Il est à propos de ne pas remplir entierement le creuset, de laisser par en haut environ un pouce, ou un demi pouce de vuide, selon la grandeur de ce creuset, & cela parce que la matiere, qui dans les premiers instants se dilate, pourroit écarter, & faire entr'ouvrir les parois, si elle ne trouvoit pas de vuide où se loger.

Après qu'une barre a été tirée du creuset, le premier coup d'œil fait connoître, si elle a été en entier, ou en partie, auprès de quelque endroit qui ait eu asés d'air, pour qu'elle en ait souffert. Quand le creuset a été bien clos, & que la composition, qui a entouré cette barre, ne s'est point bruslée, la couleur de la barre est d'un brun terne; au lieu que sa couleur est ardoisée, qu'elle a des brillants blancs, si la composition qui l'entouroit a été réduite en cendre. Alors la barre est couverte d'une écaille, que les coups du marteau détachent aisément; le fer brusle, quand la composition est bruslée.

Après les doses de la composition convenable, rien ne décide plus de la perfection de l'acier, qu'un juste degré de cuisson ; trop peu, ou trop de durée de feu lui donne des défauts. On prévoit asés qu'un feu, dont la durée n'aura pas été asés longue, laissera les barreaux fer, ou fer en partie ; & c'est un défaut aisé à reconnoître, par les premiers essais ; après que le barreau a été forgé, trempé, on reconnoît sans être fort habile, si il y est resté quelque veine de fer. Mais l'acier, qui n'a pas asés souffert le feu, pêche quelque fois, par un autre endroit ; il n'est rien qui m'ait déconcerté plus de fois, pendant mes recherches sur les aciers, que l'imperfection dont je veux parler. Je tirois quelquefois du fourneau des aciers qui se travailloient à merveille ; qui prenoient à la trempe le plus beau de tous les grains ; cependant quand je venois, à les essayer, je les trouvois mous ; façonnés en ciseaux à couper le fer à froid, ils refouloient au premier coup. Je ne sçavois à quoy m'en prendre ; car cela m'arrivoit sur les mêmes fers, qui avoient parfaitement réussi dans d'autres fournées, & avec les mêmes doses de composition. Tantôt je l'attribuois à l'air, qui s'étoit introduit dans les creusets, & tantôt à quelque autre cause, qui n'y avoit pas eu plus de part. Mon fer étant devenu acier, jusqu'au centre, je ne m'avisois pas de soupçonner, qu'il fût encore besoin que le feu travaillât dessus ; c'est cependant ce que je devois imaginer ; quand j'eus pensé que peut-

être le feu n'avoit pas tout fait quand il avoit coupé les fibres du fer, quand il l'avoit mis en état de prendre une grainure fine à la trempe; qu'il lui restoit encore à faire agir les soufres, & les sels pour donner à l'acier toute la dureté qu'on lui veut; quand j'eus, dis-je, fait cette derniere réflexion, je remis au feu une seconde fois mes aciers, mous, après les avoir entourré de composition: lorsque je les eu retiré, je leur trouvai toute la dureté que je pouvois souhaiter. C'est une expérience que j'ai réiterée ensuite grand nombre de fois, le succés en a toujours été le même. Ainsi, lorsque malgré la composition que nous avons donnée, on aura des aciers trop mous, on en doit rejetter la faute, sur ce qu'on se sera trop pressé de les retirer du feu; le remede sera de les y remettre.

On prendra garde neantmoins, de ne pas donner le remede trop violent; car si l'acier, qui n'a pas asés souffert le feu, n'est pas de l'acier asés dur, celui qui a soûtenu le feu jusqu'à un certain point, pêche par d'autres endroits. Il est trop difficile à travailler, on ne peut le rassembler sous le marteau; On trouve un déchet considérable en le forgeant; Enfin les billes ou les barreaux qui en sont forgés, restent pleins de fentes, de gersures, leurs angles ont des especes de hoches; or de pareils aciers ne sont pas propres pour faire des ouvrages nets.

L'article des trempes nous donnera occasion de rapporter des faits singuliers sur la nature de

ces aciers. Nous dirons pourtant ici, ce que nous avons déja dit en d'autres circonſtances, c'eſt que le milieu qui ſépare le trop & trop peu de feu, n'eſt pas un point indiviſible ; cet intervalle eſt aſsés grand pour être aisé à ſaiſir. Il faut que le feu ſoit continué, un ſixiéme, ou cinquiéme, de temps plus qu'à l'ordinaire pour gâter l'acier ; je ne voudrois pas même, que dans des fabriques d'acier, on lui donnât un feu d'une égale durée à chaque fournée. Par ce ſeul expedient on en tireroit des aciers de differentes qualités, & propres à differents ouvrages ; les Ouvriers à qui on les vendroit pour tels, employeroient les uns pour les ouvrages à qui il n'importe pas d'avoir une ſi grande dureté, mais qui veulent être très-finis, très-polis, ſans pailles, ni gerſures ; & les autres ſeroient employés à des outils à qui la dureté eſt ſur tout eſſentielle.

Si on demande combien d'heures de feu, à peu près, on doit donner à des barres de fer, d'une groſſeur déterminée, pour les changer dans de bon acier ? je répondrai que c'eſt une queſtion, qu'on ne ſçauroit éclaircir ſans connoître la figure & la capacité du fourneau dont on ſe ſert, & la quantité des barres qu'on y renferme ; la nature même des fers, & les compoſitions employées, produiſent des varietés ſur cet article. Il y a des fourneaux qui demanderoient le feu allumé pendant 12. à 15. jours, & j'ai fait quelquefois de l'acier, à la verité en très-petite quantité, en moins d'une heure. Pour don-

ner une idée claire des raiſons de cette difference, nous ferons faire une remarque qui m'a conduit à chercher, & à trouver les fourneaux propres à abreger, ce me ſemble, l'opération le plus qu'il eſt poſſible.

Nous avons vû, dans nos experiences d'eſſais, que le feu ſeul n'eſt pas capable de produire le changement du fer en acier; il n'y parvient qu'après avoir introduit des parties ſalines, & ſulfureuſes; or pour faire pénétrer ces parties, juſqu'au centre du fer, afin qu'elles y puiſſent agir, les chemins doivent être ouverts; le fer doit être extremement échauffé, en quelque façon ramolli; de ſorte que plus le fer ſera chauffé promptement dans un fourneau, plus le degré de chaleur, qu'il y prendra ſera conſidérable, & plus promptement ſera-t-il converti en acier. La converſion ne commence, que lors qu'il commence à être ramolli; & quand il eſt venu à ce point elle s'acheve aſsés promptement. Quantité d'experiences me l'ont démontré. Je diſpoſois mes barreaux de fer, de façon que j'en pouvois tirer quelques-uns, pour juger du point où étoient les autres, s'il étoit temps d'arrêter le feu; j'en ai quelquefois eſſayé, qui l'avoient ſoutenu dix à douze heures, ſans qu'il s'y fût fait de changement conſidérable. Deux heures ou trois heures après, je retirois un barreau qui s'étoit trouvé des plus proches de celui que j'avois oſté auparavant. Souvent ce dernier étoit parfaitement converti en acier. Les dix à douze premieres heures, n'a-

voient pas produit autant de changement dans le fer que les deux ou trois dernieres heures, & cela parce que le feu ne travaille avec ſuccès, que quand le fer eſt arrivé à un certain degré de chaleur, comme le Forgeron ne façonne bien ſon fer au marteau que quand il eſt chaud. Je l'ai encore expérimenté d'une autre maniere plus déciſive, je la rapporte volontiers, parce qu'il y a quelque apparence que les expériences, que j'en ai faites en petit, pourront être utiles en grand. J'ai rempli un petit creuſet de compoſition; je l'ai couvert & mis au feu, ſans y avoir renfermé aucun morceau de fer; mais quand il a été près d'être blanc, j'ai fait chauffer dans une forge ordinaire des barreaux de fer, preſque fondants, alors j'ai ouvert le creuſet, & j'y ai introduit les morceaux de fer; j'ai rebouché auſſi-tôt le creuſet, j'avois eu ſoin de lui faire préparer un couvercle, qui, quoyqu'il bouchât bien, s'ôtoit & ſe remettoit aiſément. Sans donner au creuſet, ni au fer le temps de refroidir, j'ai donc continué à faire chauffer le creuſet, & j'ai trouvé que le fer qu'il renfermoit avoit été bien plûtôt converti en acier, qu'il ne l'eût été, ſi je l'euſſe mis dans le creuſet, en même-temps que la compoſition; c'eſt-à-dire que la durée du feu, en commençant à la compter, depuis l'inſtant où le creuſet avoit été mis au feu avec la ſeule compoſition, juſqu'au temps où le fer a été converti, que cette durée de feu a été moindre, qu'elle ne l'eût été, ſi j'euſſe renfermé d'abord le fer

dans le creuset ; & la difference de cette durée seroit encore bien plus considérable en grand, qu'en petit, nous en verrons les raisons dans la suite.

Nous devons pourtant dire, de la violence du feu, ce que nous avons dit de sa durée, elle pourroit être poussée trop loin. Quoique le fer ne soit pas regardé comme un métal fusible, quand il est seul, j'ai quelquefois donné un feu si violent aux creusets que les barres fondoient ; la matiere qui en avoit dégouté formoit de petites plaques. Ici la fusion est aidée par les soufres & les sels de la composition. On sçait que le soufre commun peut rendre le fer fluide, dans un instant. Or tout le fer qui a été fondu dans les creusets, est du fer perdu, il est devenu de la fonte, on ne peut guere parvenir à le rassembler sous le marteau, ou ce seroit avec trop de déchet.

S'il arrive que le fer fonde en partie dans le creuset, sans que la composition qui entouroit les barreaux, qui ont dégouté, ait été consumée ou réduite en cendre, ce qui reste de ces barreaux est de l'acier qui a toute la dureté imaginable, mais aussi très-difficile à travailler, & qui reste presque toûjours gerseux. J'ai pourtant trouvé quelquefois que deux barreaux voisins s'étoient ramollis au point de se toucher, de se coller ensemble par un bout, & d'y avoir pris une figure entierement differente de celle qu'ils auroient eu simplement appliqués l'un contre l'autre, par

conséquent le fer avoit été là en fusion, cependant ces mêmes bouts, ne se forgoient guére plus difficilement que de l'acier qui auroit eu un feu un peu trop long, & étoient des aciers des plus durs; aussi les bouts de ces barreaux avoient-ils toujours été entourés de la composition & étoient-ils d'un excellent fer. Cet acier après avoir été forgé, n'étoit pas gersé extraordinairement, il l'étoit quelquefois moins que celui, qui étoit venu des barres à qui j'avois donné un feu plus moderé, mais une fois ou deux plus long.

Mais le fer ne sçauroit être chauffé trop promptement, ni trop violemment pourvû qu'il ne le soit pas jusqu'à fondre. Pour achever d'établir cette proposition, j'ajouterai encore que j'ai fait des aciers à feu très-doux & lent; j'ai mis les creusets où le fer étoit renfermé dans un fourneau pareil à ceux, où l'on fait les essais de la teneur des mines, & du titre des metaux; la chaleur n'est pas vive dans ces fourneaux; elle n'y est entretenuë que par l'air, qui entre librement par des trous qui en laissent passer plus ou moins, selon que les registres qui servent à boucher ces trous sont plus ou moins tirés. L'opération a été longue, le fer ainsi mitonné, travaillé peu à peu n'est pas devenu un acier plus parfait que celui qui avoit été traité plus brusquement. De l'acier venu de fer de même qualité & grosseur, qui n'avoit été l'ouvrage que de quelques heures de feu, ne m'a pas paru le céder à celui sur lequel le feu avoit agi pendant plusieurs

jours. J'ai ſouvent obſervé que celui qui eſt l'ouvrage d'une chaleur plus violente, & plus prompte, a ſur ſa ſurface des bulles, dont nous aurons occaſion de parler dans la ſuite, plus groſſes, & en plus grand nombre que le fer qui a été mené plus doucement. Mais ces bulles ne produiſent aucun changement dans la qualité de l'acier.

Lorſque j'ai trouvé qu'un feu long a donné de mauvaiſes qualités à l'acier, ç'a été principalement quand l'acier a été remis pluſieurs fois au feu, avec de nouvelle compoſition, pareille à celle que je lui avois donnée, lorſqu'il étoit purement fer. Ainſi exposé pluſieurs fois à l'action d'une compoſition neuve, il ſe retrouve dans le même cas que ſi on l'eût entouré d'abord d'une trop grande quantité de compoſition, ou de compoſition trop forte; la longue durée du feu fera rarement du mal, quand elle ne ſera pas poüſsée à l'extrême, ſi le fer n'eſt pas changé de creuſet & remis avec de nouvelle matiere. Ces obſervations nous fourniſſent une regle, ſçavoir de ne remettre jamais le fer au feu avec une compoſition auſſi active que celle qu'on lui a donnée la premiere fois. On l'entourera ou de compoſition qui a déja ſervi, ou d'une compoſition qui quoyque neuve ſoit foible.

Lorſque j'ai remis l'acier au feu pluſieurs fois, avec de nouvelle compoſition, ç'a été ſur tout pour ſçavoir juſquà quel point de fineſſe, & de dureté on pourroit l'amener. Si ſa dureté & ſa fineſſe ne s'augmenteroient pas chaque fois qu'il ſeroit remis

au feu, ou quel feroit le terme de cette augmentation: ce qui m'avoit paru une des expériences des plus effentielles à faire; j'ai vû effectivement, que plus il eft remis de fois au feu, & plus il acquiert de dureté & de fineffe de grain; il ne faut pourtant lui donner au plus, que ce qu'il peut prendre de l'une, & de l'autre qualité, avec une dofe de matiere, & une durée de feu double de l'ordinaire; encore y a t'il peu de fers qui puiffent foutenir cette feconde épreuve. Si on paffe par delà, cet acier qu'on a rendu plus fin & plus dur, le fera pourtant moins qu'un autre, lorfqu'il fera employé en ouvrage; on ne viendra à bout d'en fouder les parties enfemble, & fur tout de le fouder fur du fer, qu'après des Chaudes fondantes, plufieurs fois réiterées. Or chaque Chaude fondante affoiblit l'acier de quelque qualité qu'il foit. Celles qu'on aura été obligé de donner à cet acier, difficile à travailler, lui feront plus perdre de fes qualités avantageufes, qu'il n'a gagné dans la continuation de l'opération du fourneau. Enfin il fera toûjours mal aisé de faire des ouvrages finis, biens nets avec cet acier, parce qu'il aura beaucoup de gerfures, mais il pourra être employé entre deux fers, ou entre deux aciers médiocres. Ainfi il y a un terme au de là duquel on ne peut pas pouffer la perfection de l'acier, quelque chofe que l'on tente; parce qu'on ne peut le rendre plus fin, & plus dur qu'en le rendant plus difficile à travailler.

Quelque ſoit la figure du fourneau, quelque ſoit celle des creuſets, il n'eſt preſque pas poſſible que tous les creuſets, chauffent également; il n'eſt pas même poſſible que toutes les barres d'un grand creuſet partagent également l'action du feu. Cette remarque apprend qu'on doit remplir les creuſets, & les differentes parties des creuſets de barres de differentes épaiſſeurs, parce que les moins épaiſſes demandent une moindre durée, ou force de chaleur pour devenir acier. Il n'eſt pas néantmoins néceſſaire d'en venir à diminuer les épaiſſeurs préciſément dans toutes les proportions que diminuent les degrés de chaleur. Ce ſeroit une ſujettion trop grande & inutile, des barres de trois ou quatre épaiſſeurs differentes peuvent ſuffire pour tout fourneau. Nous donnerons dans la ſuite quelques exemples ſur cet article; ils ne nous euſſent pas paru néceſſaires, ſi l'expérience ne nous avoit appris juſqu'où va le peu d'attention de ceux qui travaillent ſans principe. Je fus nommé il y a quelques années avec M. Geofroy & feu M. de la Hire le fils, pour examiner les eſſais que prétendoit faire un Etranger. Je fus très-ſurpris de voir que de deux creuſets, qu'il devoit mettre à côté l'un de l'autre, & qui devoient chauffer autant également qu'il eſt poſſible dans un même fourneau, l'un étoit rempli de barres du plus gros fer quarré; & l'autre de fer qu'il avoit fait rendre preſque auſſi mince que du fer en lames. Il prétendoit cependant que tous ces fers ſe trouveroient

veroient aciers en même-temps, & cela, disoit-il, parce qu'il avoit donné la composition plus forte aux uns qu'aux autres.

Il y a ici une remarque très-essentielle à faire, c'est que non-seulement il faut plus de temps pour convertir en acier des barres plus épaisses, mais que le temps necessaire, pour les convertir, augmente bien dans un autre proportion que celle de leur épaisseur ; je veux dire que si des barreaux de fer êpais de trois lignes deviennent acier en douze heures du feu d'un certain fourneau, que vingt-quatre heures du même feu ne rendront pas acier des barreaux épais de six lignes, quoique de même largeur que les premiers ; ils demanderont plus de trente-six heures du même feu. Des expériences réiterées sur des barres de differentes épaisseurs me l'ont fait voir.

Il suit de cette remarque, qu'il y a du profit à prendre des barres minces par préference ; qu'on y gagne du temps & du charbon: il est vrai qu'elles ont demandé plus de l'un & de l'autre, pour être amenées en cet état, & que proportionnellement à leur poids elles sont plus long temps à forger, lorsqu'elles ont été tirées du fourneau, que ne le feroient des barres plus grosses ; mais on gagne avec usure dans le fourneau, ce qu'il en coûte de plus à la forge. Il y a d'ailleurs un avantage à se servir de barreaux minces, le reste supposé égal, ils se changent en aciers plus parfaits ; les observations qui viendront dans la suite, en feront voir

les raiſons. Le commun même des Ouvriers, qui employent les aciers fins, préferent les petits barreaux aux autres, le travail de les etirer & applatir leur eſt épargné.

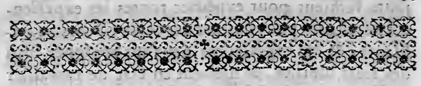
Pluſieurs cauſes peuvent concourir à empêcher que l'effet du feu ne ſoit proportionnel à l'épaiſſeur des barres. Deux morceaux de fer égaux enſemble en épaiſſeur à un troiſiéme, mais qui n'ont chacun que les mêmes largeurs & longueurs que ce troiſieme, lui ſont égaux en ſolidité, & le ſurpaſſent beaucoup en ſurface: d'où il s'enſuit que ce troiſieme doit demander, pour être échauffé plus du double du temps que demandent chacun des morceaux minces. Les parties du feu n'ont, à la verité, que le double du chemin à parcourir pour arriver juſqu'à ſon centre, mais ſa ſurface n'étant pas double de celle du morceau mince, il n'y a pas une fois autant de parties de feu qui agiſſent contre ſa ſurface, que contre celle du morceau mince. La même raiſon fait encore que la quantité des parties ſulfureuſes & ſalines, fournies par la compoſition à l'un & à l'autre de ces morceaux, ne ſont pas en raiſon de leur ſolidité. Le morceau mince en peut recevoir à chaque inſtant davantage par rapport à ſa maſſe. Quand nous avons dit que la compoſition ne ſe bruſle pas pendant un long feu, nous avons ſeulement voulu faire entendre qu'elle ne ſe réduit pas en cendre, mais il eſt toujours certain qu'elle s'affoiblit à chaque inſtant; qu'à chaque inſtant quelque partie de ſa matiere hui-

leuſe eſt conſumée, & qu'une partie de ſes ſels lui ſont enlevés. Or cette diminution de la force de la compoſition n'eſt pas proportionnelle aux temps; je veux dire qu'il y a, par exemple, beaucoup plus de ſoufre bruſlé dans la premiere heure, que dans la ſeconde, plus dans la ſeconde, que dans la troiſiéme. Le fer qui aura ſoutenu pendant douze heures l'action de cette matiere, aura donc ſoutenu une action, ſi l'on veut, plus du double plus vigoureuſe, ou l'action d'une matiere plus du double plus efficace, que le fer qui aura ſoutenu cette action pendant vingt-quatre heures, puiſque la matiere allumée dans les douze dernieres heures, n'a pas l'activité de celle qui étoit allumée dans les douze premieres. On ne compenſeroit pas l'effet de cette difference d'activité de la compoſition en augmentant la quantité de cette compoſition; outre qu'il a des bornes par de-là leſquelles, elle ne doit pas être employée. Car une quantité de bois, de ſoufre, ou de quelque matiere combuſtible que ce ſoit, double d'une autre, & miſes toutes deux en même-temps dans des feux égaux, ſeront bruſlées en moins du double du temps.

Une regle naît encore des remarques précedentes, c'eſt qu'il eſt toujours plus avantageux de remplir le fourneau de fer plat, que de fer quarré; que de deux barreaux de même longueur & de même peſanteur, ou ſolidité, le plus mince deviendra acier en moins de temps que le plus

épais. Par exemple, de deux barreaux d'un pied de long chacun, que l'un ait un pouce de large, & trois lignes d'épaisseur, & que l'autre soit forgé quarrément, ayant six lignes sur chaque face, ils sont égaux en solidité ou en pesanteur; mais le barreau plat sera bien plus promptement changé en acier que le barreau épais.





TROISIEME MEMOIRE,

Qui apprend à faire les essais en petit.

LE premier usage des remarques du Mémoire précedent sera de nous conduire dans les essais en petit. Outre que ces essais peuvent être du goût de ceux qui aiment les expériences ou de ceux qui voudront contribuer à perfectionner notre art, ils sont absolument necessaires pour ceux qui voudront entreprendre en grand la conversion du fer en acier. Ce que nous avons dit des compositions a appris qu'elles doivent être dosées differemment, & même employées en differente quantité, pour des fers de qualités differentes, ce qui sera encore confirmé, & plus expliqué dans le mémoire, où nous examinerons les differentes sortes de fer par rapport aux dispositions qu'ils ont à devenir acier. Nous tâcherons, à la verité, dans ce même mémoire, de déterminer les caracteres de chaque fer, & ce qu'on en doit espérer; mais les regles que nous donnerons alors, ne sont pas susceptibles d'un asses grand degré de certitude pour dispenser des essais; ils sont la voye la plus sure pour reconnoître comment il faut traitter l'espece de fer qu'on a à convertir en acier. Peu de

jours suffisent pour expédier toutes les expériences nécessaires pour donner des éclaircissements suffisants ; & ces expériences peuvent épargner bien des frais inutiles, & mettent en état de travailler ensuite avec certitude.

On est maître de faire les essais aussi en petit qu'on voudra ; si on a plusieurs sortes de fers à éprouver, on ne sçauroit commencer par le faire trop en petit ; il y a toujours plus d'épargne ; la grandeur des creusets sera proportionnée à la quantité de fer qu'on y voudra renfermer.

On peut se servir de creusets de toutes figures, mais il y en a de plus commodes les uns que les autres, selon les circonstances ou on en veut faire usage. Pour faire un grand nombre d'essais à la fois, il n'y en a pas qui conviennent mieux, que des creusets quarrés longs, faits en forme de boiste peu profonde, * je ne sçaurois dire combien j'en ai employé qui n'avoient qu'environ trois pouces de longueur, un de largeur & guére plus d'un pouce de profondeur. On y peut placer facilement deux à trois morceaux de fer, * minces, mais cependant d'une épaisseur & d'une longueur suffisante pour être travaillés, quand ils seront convertis en acier.

* Pl. 1. A, B, C, D.

* R.

La commodité qu'on trouve dans les creusets de cette figure, c'est à les arranger les uns auprès des autres, & les uns sur les autres ; * on en lute plusieurs ensemble, & ainsi on en fait une pile qu'on expose tout à la fois au feu, com-

* Pl. 2. G.

me on y exposeroit un seul & grand creuset. Avant d'arranger les creusets pour en composer ce massif, on aura soin de les numeroter ; ce qui est toujours facile ; ou d'écrire l'ordre dans lequel on les a arrangé, & d'écrire en même-temps l'espece de fer, & la dose de composition que contient le creuset de chaque numero ; si on s'en fioit à sa memoire, on ne seroit pas asés sûr d'où viendroient les differences qu'on trouveroit dans le succès des épreuves.

Les creusets quarrés, * peuvent être employés comme les quarrés longs, mais ils sont moins propres pour les plus petits essais. De grands creusets quarrés peu profonds peuvent aussi tenir lieu de plusieurs creusets oblongs, & cela en les partageant en diverses parties par des cloisons de terre, ou même de tole. *

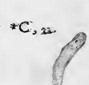
*Pl. 1. F, L, G.

*N, OO, PP, QQ.

Il y a des circonstances où l'on peut aussi se servir de creusets ronds & profonds, mais ce n'est guére que quand on veut faire un seul essay à la fois, & encore quand le feu où on les doit placer permet qu'on les couche. Nous en expliquerons la raison.

Les creusets doivent avoir des couvercles de la même terre dont ils sont faits. On pourroit les faire pareils à des dessus de boiste, * mais la façon en seroit plus longue. Il y a deux autres manieres propres à les bien ajuster, quoyqu'on les laisse plats ; sçavoir ou de creuser une coulisse tout au tour du bord supérieur du creu-

*C, 22.



ſet, avant que le creuſet ſoit cuit. La façon de cette couliſſe n'eſt ni longue ni difficile *; ou de couper une feüillure autour du bord du creuſet, * & une pareille au tour du bord du couvercle. * Ces deux manieres ſont bonnes, mais les couliſſes ſont préférables aux ſimples feüillures. Pour les creuſets ronds, on leur fera des couvercles, ou plûtôt des bouchons comme ceux des bouteilles; le mieux pourtant ſera de laiſſer à ces bouchons de quoy recouvrir les bords du creuſet. *

* I, K.

* D, F.

* E, G.

* e, f.

Aprés tout quelque exactement que le couvercle s'applique ſur le creuſet, il ſeroit mal-aiſé qu'il ne laiſſât aucun vuide, auſſi faut-il toujours luter les jointures. * Quand on luteroit tout le creuſet, il n'en ſeroit que plus ſurement clos. Le lut défend ſouvent la compoſition contre les accidents qui peuvent ſurvenir à l'occaſion de quelque fente qui ſe ſera faite aux parois; le lut les couvre; & même lorſqu'il vient à ſe fondre, il coule dans les fentes, & quelque fois les bouche aſsés bien.

* V, X, X.

Le lut dont on a beſoin n'eſt qu'une ſimple terre ſablonneuſe; il eſt inutile d'y meſler du verre pilé, du ſel, & de la limaille de fer, comme on le pratique dans diverſes autres occaſions. Si on étoit embaraſſé à ſe faire une idée du point où cette terre doit être ſablonneuſe, on n'a qu'à en prendre de pareille à celle dans laquelle les fondeurs, en cuivre & en fer, moulent leur ouvrage

ge, & qu'ils appellent du ſable à mouler. C'eſt un ſable gras, un ſable dont les grains tiennent enſemble, à cauſe de la terre avec laquelle ils ſont meſlés. Du ſable le plus ſec détrempé avec de la terre ſeroit propre à faire un pareil lut. Pour la maniere de s'en ſervir, tout ſe réduit à détremper cette terre ſablonneuſe avec de l'eau à conſiſtance de pâte, & à l'étendre ſur les endroits qu'on veut luter.

Nous ne dirons rien ici de la terre propre aux creuſets; mais ſi on veut être inſtruit de celle qui leur convient, on le ſera dans le memoire ſuivant.

Les Potiers les feront de la figure dont on les ſouhaitera. Si on n'avoit pas de Potier ſous ſa main, & qu'on voulût les faire ſoi-même, on y réuſſiroit aiſément. Il faut avoir un moule. Le moule néceſſaire ici n'eſt qu'une piece de bois qui ait la forme qu'on veut qu'ait le creux du creuſet, * & de plus une poignée pour le tenir à la main pendant qu'on le couvre avec la terre préparée, & qu'on tape cette terre. L'ouvrage eſt ſi ſimple qu'on pourra l'executer, ſans avoir beſoin d'attendre que nous faſſions imprimer ce que nous avons raſſemblé ſur cette matiere dans l'art du Potier de terre.

*R, T c, g;



Avant d'arranger le fer dans les creuſets, il faut les avoir fait cuire. C'eſt ce à quoy le Potier ne manquera pas. Et avant de les faire cuire, il faut les faire bien ſécher; ce dernier avertiſſement n'eſt

encore que pour ceux qui les feront eux-mêmes. Faute de fourneaux propres à les cuire, on les couvrira de charbons noirs, qu'on allumera peu à peu. Une cuisson longue ne sçauroit rien gâter & quand ils ne seroient que mediocrement cuits, ils ne laisseroient pas d'être bons. En cas de besoin, au lieu de creusets, on peut se servir de tous pots qui seront d'une terre qui résiste au feu. Nos pots de grés, par exemple, connus encore dans le Royaume sous le nom de pots à beurre, y sont propres, pourvû qu'on les lute bien, & qu'on les chauffe peu à peu ; une fois échauffés ils soutiennent la plus grande chaleur. Un Tuileau arrondi, mis par dessus le pot, & bien luté tiendra lieu de couvercle.

Dans les essais, très en petit, on ne s'en tiendra pas à la dose de composition que nous avons donnée dans le premier memoire. Plus les essais sont en petit, & plus il en faut augmenter la quantité par rapport à celle du fer ; & cela parce que la composition qui est proche des parois du creuset est exposée à se brusler, &que les petits ayant plus de surface, par rapport à ce qu'ils contiennent, que les grands, il y a plus de matiere qui s'y brusle.

Les creusets choisis, & les compositions préparées, on mettra dans le fond du creuset un lit de composition ; sur le lit de composition un lit de fer, qui sera de plusieurs ou d'un seul morceau, selon que la largeur du creuset le permet-

tra. Pour peu qu'il reste d'intervalle entre les morceaux de fer d'un même lit, il en reste asés; mais ils ne doivent pas être si proches des parois du creuset. Sur cette couche de fer on mettra la seconde couche de composition; * & si la grandeur du creuset le permet une seconde couche de fer, au dessus de laquelle on mettra une troisiéme couche de composition.

* Y, Z.

Quelque soit le nombre des couches de fer, on commencera & finira toujours par une couche de composition. Ces deux, & sur tout celle du dessus, doivent toujours être plus épaisses que les autres; étant plus proches des parois; celle de dessus peut prendre plus d'air. Quand les couches de composition qui seront entre celles de fer, étant bien pressées, auront environ deux lignes d'épaisseur, c'en sera asés; on laissera pourtant un vuide, mais très-petit, entre le couvercle & la derniere couche. Ce couvercle mis en place, on le lutera; quand le lut sera sec, le creuset sera en état d'être porté au feu.

Le Memoire précedent nous a appris l'avantage qu'il y a à employer du fer mince. Quand on n'aura en vuë que de petits essais, on fera étirer les morceaux de fer qu'on voudra éprouver en lames épaisses de deux ou trois lignes au plus, & larges de cinq à six lignes.

Les creusets ronds sont incommodes en ce qu'on n'y sçauroit coucher le fer par lits; les morceaux de fer se trouveroient trop courts, si ces creusets

n'avoient un diametre d'une grandeur exeraordinaire; d'ailleurs il y auroit beaucoup de places qu'on ne pourroit remplir. Quand on veut faire usage de ces sortes de creusets, il faut donc commencer par les remplir en partie de composition, & larder ensuite dans cette composition les barreaux ou lames de fer. * Ces barreaux ou lames sont verticales, quand le creuset est debout; de sorte que si le creuset ne chauffe pas également dans toute sa hauteur, une même lame, un même barreau se trouve, en differents endroits, acier de differente qualité. Il est plus rare que cela arrive à une barre placée horizontalement; un creuset chauffe à peu près également partout à une même hauteur.

* a, b.

Aussi lorsqu'on a des essais à faire un peu en grand, par exemple, sur huit livres, ou dix livres de fer, on doit toujours prendre des creusets quarrés longs, ou quarrés & d'une hauteur proportionnée au fourneau, & à la quantité du fer qu'on veut essayer.

Par tout où il y a des fourneaux à brique, à poterie, à fayence, à chaux, à plâtre, &c. on pourra faire commodément ces essais. Les creusets bien lutés, chacun séparément, & si on l'a jugé plus à propos lutés ensemble pour faire une masse, seront placés dans les endroits de ces fourneaux, où la chaleur est la plus forte. S'il n'arrive point d'accidents aux creusets, si ils ne se fondent point, & qu'on les ait remplis de fer bien mince, ces

fers pourront être convertis en acier, dans le temps necessaire pour cuire les terres, ou calciner les pierres, dont les fourneaux sont chargés ; si ils ne l'étoient pas entierement on les remettra une seconde fois au même feu.

On ne trouve pas par tout des fourneaux pareils à ceux-ci, & par tout on trouve des forges de Serruriers, Couteliers, Taillandiers, Maréchaux, & autres Ouvriers en fer ; or toute forge de cette espece peut être renduë convenable, pour les épreuves, & on peut même les y expedier très-promptement. On fait de la forge une espece de fourneau, il ne faut pour cela qu'avoir un serre-feu semblable en quelque sorte à ceux que les Orfévres mettent à leurs forges, quand ils veulent y fondre de l'argent ; le serre-feu, dont nous avons * besoin ici, est une piece de terre cuite, ceintrée ; ou pour le mieux encore, c'est une piece de terre qui a trois côtés dont deux se trouveroient perpendiculaires au troisiéme, si les angles qui les joignent n'étoient pas arrondis. En ce cas un de ces côtés, celui qui doit être en devant de la forge, est plus court que les autres. * Pour la grandeur & hauteur de ce serre-feu, ce qui doit la regler, c'est la quantité des essais qu'on veut faire à la fois. De plusieurs serre-feu mis les uns sur les autres, on en composera même une espece de fourneau. *

* Pl. 1. R; pl. 2. A, B.

* pl. 2. B.

* O, P.

Sur le champ on peut faire à toute forge quelque chose d'équivalent au serre-feu, si on a des

pierres de grés, qui résistent médiocrement à la chaleur; des briques, des morceaux de terre cuite disposées les unes sur les autres en peuvent encore tenir lieu. Au milieu de cette espéce de petit fourneau on place ses creusets sur quelque brique, ou tuileau, qui se trouve un peu plus élevé que la tuyere. On remplit de charbon tout le vuide, qui reste entre le mur de la forge, & les parois du serre-feu, & on fait joüer le souflet d'abord plus lentement, & ensuite à volonté. Toutefois on sera attentif à faire ensorte qu'il y ait toûjours une certaine quantité de charbon entre la tuyere & les creusets. Si le vent étoit poussé immédiatement contre les creusets, il les refroidiroit; au contraire, si le vent trouvoit en son chemin peu de charbon, que la flamme fût dardée directement sur les creusets, sans avoir été rompuë, elle les fonderoit, si ils n'étoient pas d'une excellente terre. Il est encore à propos de menager au tour du serre-feu des vuides, afin que le vent circule; & pour l'y mieux déterminer, on peut laisser quelque ouverture au côté du serre-feu, qui est parallele au mur de la forge.

Cette façon de chauffer est très-commode, quand on ne veut faire que peu d'essais à la fois; & si on n'en veut faire qu'un, c'est, de toutes les façons de le faire, la plus prompte; pour un seul essay même, il n'est pas besoin de l'appareil du serre-feu, quelques briques, ou pierres suffisent pour contenir les charbons; on pourroit même

s'en passer. Dans ce cas, d'un seul essay fait à la forge, je préfere le creuset rond, je le prends formé en vrai Cylindre creux * qui entre ses parois a partout environ deux pouces de diamettre, & sept à huit pouces de longueur. Après avoir mis de la composition dans ce creuset, on y fera entrer deux ou trois morceaux de fer plat, ou de fer en lames. On achevera de le remplir de composition, on le bouchera, & lutera le bouchon, après quoy on couchera le creuset dans la forge, on le couvrira de charbons allumés. L'Ouvrier, qui d'une main tirera la chaisne du souflet, * doit tenir de l'autre des tenailles avec lesquelles il retournera le creuset de temps en temps; & c'est pour avoir plus de facilité à retourner ce creuset, qu'il est avantageux de le faire rond. Alors on force le vent du souflet plus hardiment, parceque l'endroit sur lequel la flamme a le plus agi, & qui seroit exposé à se fondre, s'il étoit continuellement exposé à ce plus d'ardeur, est chauffé un peu moins vivement quand le creuset est retourné. C'est ce qui donne le moyen de finir l'épreuve en deux ou trois heures au plus, & quelquefois dans une heure.

* Pl. 2. d.

* Fig. k.

On peut même dans ce cas se servir de charbon de terre, au lieu de charbon de bois, & l'opération n'en sera que plus prompte.

Si on le veut, au lieu de coucher le creuset, on le placera de bout; quoyqu'il ait peu d'assie-

te, il eſt aiſé de le ſoutenir avec le charbon; mais lorſqu'il eſt de bout, il n'eſt pas ſi facile de le retourner que lorſqu'il eſt couché.

Pour faire des eſſais un peu plus en grand, comme de huit à dix livres de fer à la fois, & pour faire ces eſſais promptement, le plus commode des fourneaux eſt celui des Fondeurs ordinaires de cuivre, de ceux qui fondent tous les menus ouvrages de ce metal. Nous aurons beſoin plus d'une fois de parler de ce fourneau, & autant vaut le faire connoître à préſent, que d'attendre plus tard. Ses parois renferment un trou *, dont la coupe priſe à quelque hauteur que ce ſoit, eſt un quarré, dont les côtés ont chacun environ ſept pouces. La profondeur de ce trou eſt aſsés communément de vingt-cinq à vingt-ſix pouces; cette profondeur, ou ce qui eſt la même choſe, la hauteur du fourneau eſt partagée en deux parties inégales par une plaque de fer, * qui d'abord a été forgée quarrément, & de grandeur égale à la coupe horizontale du vuide du fourneau, & dont les quatre angles ont été enſuite abbattus *. La partie du fourneau qui eſt au deſſus de la plaque, * eſt le cendrier; la hauteur de cette partie eſt ſur-tout celle qui eſt arbitraire. La plaque eſt à proprement parler le fond du fourneau; depuis cette plaque juſqu'au bord ſupérieur, il y a environ dix-ſept pouces. C'eſt ſur cette plaque qu'on poſe le creuſet, qui contient le metal qu'on veut fondre,

* Pl. 2. *a a*, *b b*, *c*, *d d*, *e*.

* *d d*, *k k*.

* O.

* *e*.

dre, ou échauffer. Les charbons entourent ce creuſet à peu près également de toutes parts. Ils ſont allumés par le vent d'un ſouflet double : un tuyau conduit le vent de ce ſouflet dans la partie que que nous avons nommée le cendrier, & de-là il paſſe avec rapidité dans le fourneau par les quatre trous que laiſſent à chaque coin les quatre échancrures de la plaque de fer ; elle touche par tout ailleurs les parois du fourneau ; ces échancrures ſont circulaires.

On couvre ce fourneau d'un couvercle plat, qu'on ajuſte le mieux qu'on peut ſur les bords ſupérieurs du trou ; les vuides qui reſtent dans les endroits, où il ne s'applique pas parfaitement, donnent une iſſuë ſuffiſante à l'air.

Les parois de ces ſortes de fourneaux ſont faites de briques arrangées de plat, les unes ſur les autres ; mais pour mieux conſerver ces parois, pour n'être pas obligé de les démolir quand le feu les a minées, on les reveſt de carreaux dont la largeur eſt égale à celle des faces. Ces carreaux s'appellent la chemiſe du fourneau. Quand on a à le raccommoder, on n'a qu'à lui donner une chemiſe neuve. Pour même aggrandir, ou rétrecir ce fourneau à ſa volonté, entre la brique & la chemiſe, on met une couche de terre qui réſiſte au feu. Ce qu'on ôte à l'épaiſſeur de cette couche, quand on change de chemiſe, on le donne à la grandeur du fourneau.

La plaque de fer a pour ſupports deux petites

barres de fer, qu'on peut ôter & remettre ; ce qui donne aussi la facilité d'ôter la plaque dans quelques circonstances où cela est nécessaire au Fondeur, mais qui ne regardent pas l'usage où nous destinons à present ce fourneau.

On y peut faire les essais d'acier avec des creusets pareils à ceux des Fondeurs ; mais comme nous l'avons dit, il faut que le fer y soit de bout, ou que les morceaux soient bien courts. Le mieux est donc de faire faire des creusets quarrés longs *, on leur donnera hardiment autant de largeur qu'un des côtés du fourneau a de longueur ; mais leur épaisseur doit être telle que le creuset n'aille pas jusqu'aux bords des trous par où le vent a son entrée.

* *l*, *i*.

Si on ne se servoit pas à cet usage d'un fourneau de Fondeur déja fait, qu'on en voulût bâtir un, alors il faudroit construire ce fourneau plus large dans un sens que dans l'autre ; & cela afin que le creuset qu'on y pourroit placer, ne fût pas aussi plat que le sont ceux que peuvent recevoir les fourneaux ordinaires.

Ce creuset ne sera pas entouré de charbons de tous côtés, comme le sont les creusets ronds ; il chauffera néantmoins suffisamment ; on sera même attentif à ne le pas chauffer aussi fort qu'on le pourroit ; à ne pas tirer le souflet trop vîte ; autrement on pourroit faire fondre le fer : quand les parois du creuset seront devenües blanches, on tâchera de les entretenir dans cette couleur,

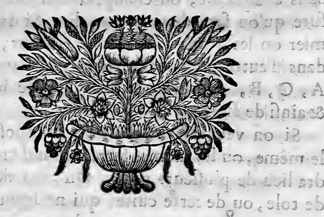
de les empêcher de redevenir rouges ; mais on ne donnera de feu que ce qu'il en faut pour cela.

Quoyqu'on n'y mette qu'un seul creuset, on pourra éprouver à la fois plusieurs fers, & même, si l'on veut, plusieurs compositions. Si on veut essayer plusieurs fers, après les avoir fait forger de l'épaisseur qu'on les souhaite, & les avoir fait couper en morceaux de longueur convenable, on marquera chaque fer d'une lettre, ou de quelqu'autre marque : qu'on ait trois fers l'un marqué A, l'autre B, & l'autre C. Si la largeur du creuset permet qu'on arrange ces trois morceaux dans chaque lit, on changera leur ordre, à mesure qu'on fera de nouveaux lits. Si dans le premier on les a mis dans l'ordre suivant, A, B, C, dans l'autre on pourra les mettre dans l'ordre, A, C, B, dans l'autre dans l'ordre B, A, C, & ainsi de suite.

Si on veut essayer plusieurs compositions sur le même, ou les mêmes fers, le grand creuset tiendra lieu de plusieurs petits. On aura des plaques de tole, ou de terre cuite, qui ne sçauroient être trop minces ; on mettra une de ces plaques horizontalement chaque fois qu'on voudra changer de composition. Un peu de terre détrempée à consistance de pâte & étenduë au-dessus du dernier lit de la composition qu'on a employée, peut aussi servir pour séparer suffisamment celle-ci de la nouvelle composition qu'on voudra éprouver.

Mais en cas qu'on voulût construire exprès un

fourneau d'essais, & purement pour des essais, je ne conseillerois pas d'en bâtir un pareil à ceux des Fondeurs, il le faudroit faire semblable en petit à ceux que nous allons décrire pour le travail en grand. Les memoires suivants apprendront aussi à quelles épreuves on doit mettre les aciers venus des essais, pour s'assûrer si ils ont toutes les qualités convenables.



Explication de la premiere planche.

A, *B*. *Petits creuſets quarrés-longs, propres pour les plus petits eſſais.*

C, *D*. *Autres creuſets quarrés-longs, un peu plus grands.*

C 2. *Couvercle pour le creuſet C, fait en deſſus de boiſte.*

E. *Couvercle du creuſet D, qui eſt en feüillure vû par deſſus.*

F. *Creuſet quarré, ou preſque quarré.*

G. *Couvercle du creuſet F, ce couvercle eſt vû retourné.*

H. *Coupe de ce couvercle.*

I. *Creuſet quarré-long, dont le couvercle entre en couliſſe. K, ſon couvercle qui n'eſt encore entré qu'en partie.*

L, *M*. *Creuſets quarrés plus grands que les precedents.*

N. *Creuſet qui équivaut ſeul à pluſieurs au moyen des cloiſons, O O, P P, Q Q.*

R. *Lame de fer propre à être miſe dans un des petits creuſets.*

S *Moule à creuſet quarré*.

T. *Le même moule qu'on a commencé à recouvrir de terre.*

V, *X*, *X*. *Creuſet rempli de fer & de compoſition, & dont le couvercle eſt luté. Le lut paroît en X, X.*

Y, Z. Creuset luté, dont on a coupé un des bouts pour montrer, comment les lits de fer sont séparés par des lits de composition. C'est ce qu'on voit en Z.

a. Creuset rond de forme ordinaire qui a été rempli de composition, dans laquelle des lames ou barreaux de fer ont été lardés. b, Un barreau de fer qui n'est encore entré qu'en partie.

c. Moule, ou mandrin sur lequel on fait des creusets pareils au creuset, a.

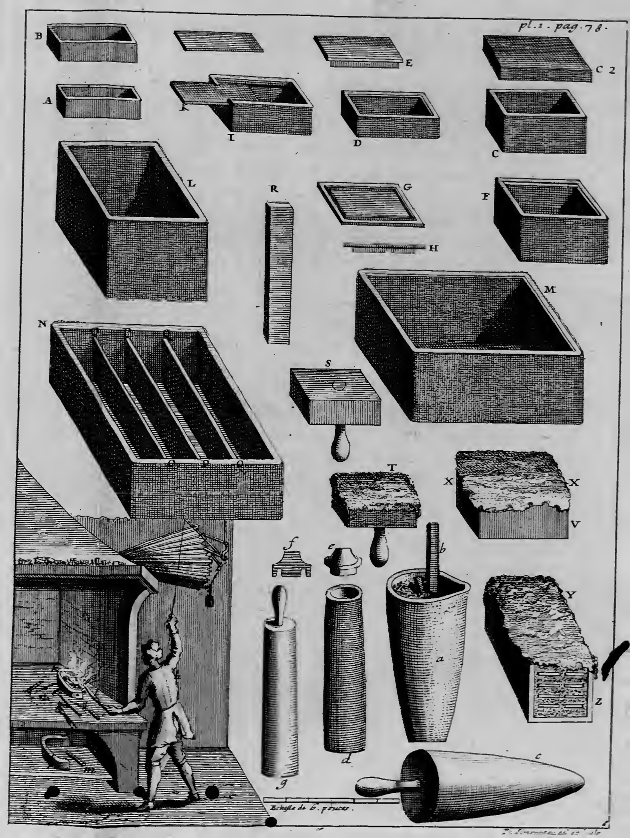
d. Creuset cilindrique.

e. Le couvercle du précedent creuset.

f. Coupe de ce couvercle.

g. Moule, ou mandrin à creuset cilindriques.

La fig. h, i, k, l, n'est pas faite sur la même échelle que les précédentes. h, est un Ouvrier qui tient au feu, avec des tenailles, un creuset cilyndrique tel que le creuset, d; i, Ce creuset. k, serre-feu, qui retient les charbons. l, Ce même serre-feu représenté sous la forge. m, Le creuset rond.


B
A
K
I
E
D
C 2
C
L
R
G
H
F
M
N
S
T
X
X
V
f
e
b
a
Y
Z
g
d
c
Echelle de 6. pouces.

Explication de la ſeconde planche.

A, B, eſt le même ſerre-feu de la planche précedente repréſenté plus en grand.

C. *Un creuſet rond couché dans le ſerre-feu.*

D, E, F. Trois petits creuſets arrangés pour faire la baſe d'une pile.

G. *Pile de petits creuſets.*

G 2. *Pile de petits creuſets lutée.*

K, K. Deux pieces de terre cuite, qui enſemble forment un ſerre-feu.

I, I. Serre feu fait des deux pieces précedentes.

H. Pile de creuſets en place au milieu du ſerre-feu.

L. Serre-feu au milieu duquel eſt un creuſet ordinaire.

M. Deux ſerre-feu mis l'un ſur l'autre pour renfermer une plus haute pile de creuſets.

NN, O O, P, *eſt partie d'une forge, où le ſouflet n'a pas été repréſenté. On imagine aiſément où il doit être.*

O, P. *Pluſieurs pieces pareilles à celle des ſerre-feux arrangées les unes ſur les autres pour former une eſpece de fourneau, où ſont les creuſets d'eſſais. Le ſouflet pouſſe le vent dans le bas de cette eſpece de fourneau.*

Q. Couvercle d'un fourneau à eſſais.

R, R, S, eſt le devant d'un fourneau à eſſais, dont on ne donne ici aucun développement. Les deſſeins du grand fourneau à acier, qui viendront dans la ſuite, expliqueront aſſés la conſtruction intérieure de celui-ci, qui

ne differe presque de l'autre que du petit au grand.

a a, b, c, d d, e. Fourneau de Fondeur en cuivre pour tous les mênus ouvrages. On a emporté le devant de ce fourneau pour en faire voir l'intérieur. On a cru inutile de faire dessiner le souflet; son vent est conduit par un tuyau dans la cavité dont l'ouverture paroît en e. Cette ouverture est bouchée quand le souflet va. e, est l'ouverture du cendrier.

d, d. Barres qui soutiennent la plaque de fer qui est le véritable fond du fourneau. Un creuset ordinaire est ici posé sur cette plaque. a a, a b, b c, sont les carreaux supérieurs qui revestent l'intérieur, ou qui font partie de la chemise. Par de-là cette chemise il y a une couche de terre dont on peut augmenter ou diminuer l'épaisseur, selon qu'on veut augmenter, ou diminuer la capacité du fourneau : le reste est de brique.

f. Creuset ordinaire.

g. Son bouchon.

k, k, est le mêne fourneau dans lequel est placé un creuset quarré-long. i.

l. Ce creuset vû hors du fourneau.

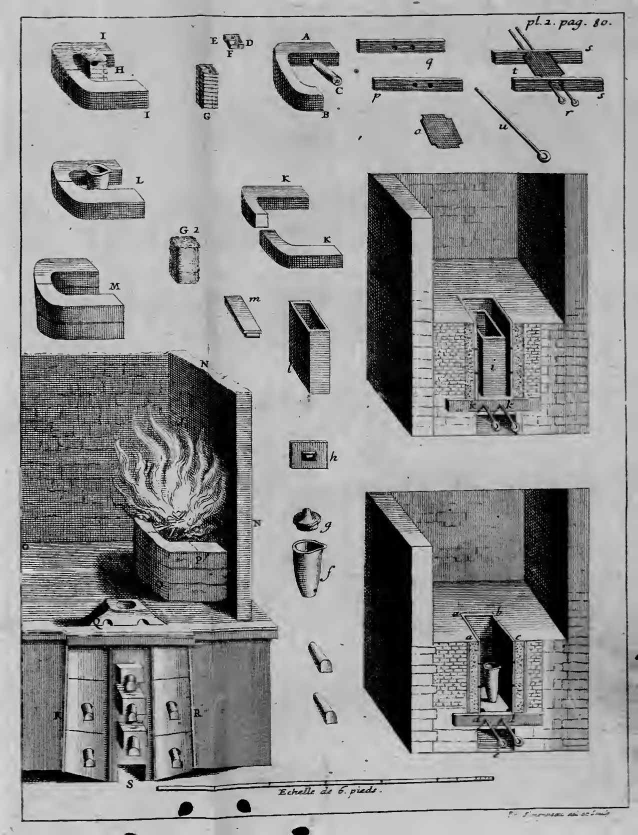
m. Son couvercle.

o. La plaque sur laquelle posent les creusets.

p, q. Deux bandes de fer au travers desquelles passent les pieces qui soutiennent la plaque.

r, ſſ, t, fait voir comment les deux pieces de fer r, passent au travers des bandes ſ, & soutiennent la plaque, t.

u. Une des pieces qui portent la plaque.


pl. 2. pag. 80.
Echelle de 6. pieds.

QUATRIEME MEMOIRE,

Où l'on donne la construction d'un nouveau fourneau, qu'on croit le plus avantageux de ceux qui peuvent estre employés à la conversion du fer en acier, & où l'on fait quelques réflexions générales sur les autres fourneaux.

POur faire de l'acier en petit, tant qu'il n'est question que d'expériences pour s'instruire, tout fourneau est bon; il n'en est pas de même lorsqu'on vient au travail en grand qui doit se faire avec le moins de dépense qu'il est possible. Je ne sçai point, qu'on ait donné au public de descriptions, ni de desseins des fourneaux où la conversion du fer en acier s'acheve en grand; apparemment, que dans le pais où on y travaille, on ne seroit pas plus d'humeur à laisser prendre les dimensions des fourneaux, qu'à reveler les compositions qu'on employe pour opérer cette conversion. Les Ouvriers ont plus en vue leurs petits avantages que le bien général, ils font mystere de tout. Je connois d'autres especes de fourneaux, dont ils sont jaloux, & qu'ils cachent de leur mieux. Ce que Jousse, & quelques autres Autheurs disent en

paſſant des petits fourneaux où l'on met des creuſets pleins de barres de fer & des ingredients convenables, ne peut être compté pour une inſtruction.

Tous ceux qui ont fait des tentatives pour convertir les fers du Royaume en acier, ont fait conſtruire de grands fourneaux qui reſſembloient en partie ou aux fourneaux à poterie de terre, ou aux fourneaux de verrerie. Depuis quelques années il y en a eu deux de baſtis par des Anglois, qu'ils prétendoient ſemblables à ceux dont on ſe ſert en Angleterre pour le même uſage : l'un l'a été à Harfleur ; M. Lavv ſoutenoit cette entrepriſe ; l'autre l'a été à S. Germain en Laye. Ils avoient des bancs pour y placer les creuſets, où le fer étoit renfermé, pareils, en quelque ſorte, aux bancs des fours des verreries ſur leſquels les pots ſont posés. J'ai vû le dernier de ces fourneaux, M. le Duc de Noailles avoit fourni aux frais de ſa conſtruction dans la vuë de procurer un établiſſement utile au public.

Quelques ſoient les fourneaux dont on s'eſt ſervi pour notre opération, il eſt inconteſtable que les plus avantageux ſont ceux ou l'on peut produire le même effet avec une moindre conſommation de bois ou de charbon. Comme il eſt plus aiſé de chauffer un petit fourneau, & les matieres qu'il renferme, qu'un grand fourneau & les matieres qu'il renferme ; en général l'opération s'acheve plus promptement dans les petits, que dans

les grands fourneaux : dans les uns la converſion du fer ſe fera plus promptement, & dans les autres on en convertira davantage à la fois. Mais ſi ces deux avantages ſe compenſent à peu près également, alors les petits fourneaux paroiſſent mériter la préference ; je veux dire que ſi dans un petit fourneau on convertit en acier une certaine quantité de fer, en recommençant l'opération à pluſieurs fois, & que pendant le même nombre de jours & avec la même quantité de bois, on ne convertiſſe en acier dans un grand fourneau, d'une autre forme, que la même quantité de fer que dans le petit fourneau ; qu'alors le petit fourneau doit être preferé ; ſi, par exemple, un grand fourneau contient à la fois cinq milliers de fer, mais qui ne peuvent y être rendus aciers qu'en dix jours de feu continuel ; & qu'un petit fourneau ne puiſſe recevoir à la fois que 500. livres de fer, mais qui y ſont renduës acier en 24. heures avec la même quantité de bois ; le temps employé à charger & décharger le fourneau compris ; alors le petit fourneau merite d'être préferé ; il coûte moins à bâtir ; les riſques ne ſont pas ſi grands, dès qu'il y a à la fois moins de fer dans le fourneau ; enfin il eſt plus agréable & plus commode par bien des conſidérations d'achever l'opération en peu de temps.

Nous avons vû dans le ſecond memoire que l'acier qui a été fait le plus promptement, ne le cede en rien à celui qui a été fait avec lenteur.

Or dès qu'il ne tire aucun avantage de la longueur de l'opération, il n'y a pas à balancer à choisir la voye la plus prompte; ce n'est pas seulement pour ce qu'on peut gagner du côté du temps, c'est qu'on gagne aussi du côté de la consommation des matieres combustibles. L'effet qui est produit par une plus grande ardeur de feu surpasse beaucoup ce que cette augmentation d'ardeur a consumé de plus en bois, & en charbon. Une grosse barre de fer, entourée d'un très-petit feu, quelque temps qu'on entretint ce feu, ne parviendroit jamais à prendre une couleur d'un rouge blanchâtre, au lieu qu'une partie du charbon, qui auroit été jetté peu à peu, étant allumé à la fois donneroit promptement à la barre ce degré de chaleur.

Mais le plus grand des moyens d'augmenter l'activité du feu, c'est de faire qu'il soit poussé par le vent, & c'est encore une augmentation de force qui surpasse beaucoup ce qu'il en coûte de plus en matiere combustible. La lampe des Emailleurs nous fournit une preuve de l'une & de l'autre de ces propositions; au moyen du soufle de l'Emailleur la flamme de sa lampe ramollit le verre dans un instant, sans que la dépense de l'huile en soit beaucoup plus grande; dix fois, cent fois, autant d'huile bruslée en même-temps, sans darder la flamme par le soufle, ne produiroit pas autant d'effet.

Les réflexions précedentes m'ont déterminé en partie à chercher à faire l'acier dans des fourneaux où l'ardeur du feu fût excitée par des souflets;

on est maître de la pousser au point où on le veut dans ces sortes de fourneaux, il n'y a qu'à forcer plus d'air à y entrer ; on peut aussi moderer cette ardeur en introduisant moins d'air. J'ai d'abord fait un usage du fourneau à Fondeur décrit dans le memoire précedent. * M'aiant bien réussi dans les essais sur 10, ou 15 livres de fer ; pour m'assûrer si on y pourroit travailler en grand avec le même succés, j'en ay d'abord fait construire un où l'on pouvoit placer environ 300 liv. de fer. Lorsque je suis venu à éprouver ce nouveau fourneau, j'ai rencontré bien des obstacles ausquels je ne m'étois pas attendu : je vais les rapporter, ils feront connoître la nécessité des changements que j'y ai faits ; & donneront du penchant à croire que c'est pour n'avoir pas assés cherché à vaincre ces obstacles, qu'on a abandonné cette sorte de fourneau, & qu'on en a choisi où l'opération s'achève beaucoup plus lentement, & à plus grands frais.

* Pl. 2.

Je ne répeterai point que c'est avec du charbon de bois, qu'on chauffe ce fourneau ; si on veut profiter de toute l'ardeur qu'on peut donner ici à ce charbon, on ne sçauroit renfermer le fer dans des caisses de tole, ou de fonte de fer. La tole seroit bientôt bruslée & la fonte bientôt mise en fusion. Pour épreuve, j'arrangeai une fois mes barres dans une marmitte de fonte de fer d'épaisseur ordinaire ; quoyque j'eusse quelque attention à ne pas donner au feu toute l'activité qu'on pouvoit lui donner, la marmite ne tint pas une heure ;

elle se fondit, & se trouva percée en plusieurs endroits. La tole, même épaisse, ne seroit pas d'un usage plus sûr.

Il faut donc s'en tenir à des creusets de terre, ou à quelque chose d'équivalent. Les creusets ronds ne conviennent point; on peut se rappeller les raisons qui ont été indiquées dans le memoire précedent. J'en fis faire des quarrés-longs, qui dans le sens où ils avoient le plus de largeur occupoient toute celle du fourneau; leur capacité étoit telle qu'ils pouvoient contenir soixante & quinze livres de fer, avec les ingrédiens nécessaires pour leur conversion. En les faisant plus grands, j'eusse craint de les rendre trop difficiles à manier, à placer dans le fourneau, & encore plus à les en ôter. Pour tirer parti de toute la hauteur de ce fourneau, je fis mettre en pile quatre creusets pareils les uns sur les autres. On aura un image de cet arrangement si on s'imagine le fourneau marqué, *kk*, pl. 2. bâti sur une plus grande échelle; & qu'au lieu de creuset, I, il en contient plusieurs dont les séparations sont marquées dans cette figure par les lignes ponctuées. Mais voici le grand inconvenient d'une disposition pareille. Le creuset du fond se trouve chargé du poids des trois autres. Cette charge qui est aisément soutenuë par le creuset froid, le presse trop lorsqu'il a été ramolli par une violente chaleur. Ses parois s'entrouvent & quelques fois s'affaissent; le creuset est quelques fois entierement écrasé; tout se boul-

verſe, on eſt heureux ſi on eſt quitte, pour la perte de ſes creuſets, du charbon & des ingrèdients, car ſouvent une partie du fer ſe bruſle ; c'eſt de quoy j'ai fait diverſes expériences, & même dans des circonſtances où le creuſet inferieur n'étoit pas à beaucoup près auſſi chargé que je viens de le ſuppoſer. Quand le fer ne ſeroit contenu que dans deux creuſets, l'inferieur auroit trop de charge. Il faut pourtant profiter de la profondeur de ces fourneaux, ſi on veut y travailler avec avantage.

Les creuſets qui s'entr'ouvrent, ſont au rang des accidents qui arrivent même dans les fourneaux, où la chaleur eſt plus moderée, où l'opération ſe finit plus lentement. Le creuſet eſt rempli de drogues qui ſe rarefient quand elles commencent à s'embraſer. Les couches inférieures de ces drogues ſont preſſées par le poids des barres ſupérieures ; elles ne ſçauroient, à la verité, ſe gonfler ſans ſoulever un peu ces barres ; mais elles ſont un pareil effort contre les parois & le fond du creuſet. D'ailleurs les parois ſe tourmentent néceſſairement à meſure qu'elles s'échauffent, elles tendent à s'allonger ; elles ne s'allongent pas de tous côtés en même proportion ; le côté qui tend à s'allonger le plus quitte l'autre, il ſe fait une fente

Enfin ſi on met des creuſets les uns ſur les autres, il y a néceſſairement de la place perduë, toute celle qui eſt occupée par le couvercle, & le fond des deux creuſets qui ſe touchent; & par ce qui ſe trouve de vuide entre eux.

Un creuſet, qui contiendroit ſeul le fer diſtribué dans pluſieurs, ſeroit moins ſujet à quelques-uns des inconvenients précedents, mais il en auroit de particuliers. Il ſeroit difficile, comme nous l'avons déja dit, de le mettre dans le fourneau, à moins qu'on ne l'y mit pendant qu'il ſeroit vuide, & il ſeroit toujours difficile de l'en retirer. Enfin quand les creuſets réuſſiroient, ils ſeroient une dépenſe de quelque objet, on n'oſeroit s'y fier pour les remettre une ſeconde fois au feu.

Mais un des plus grands obſtacles que j'ai trouvé contre l'uſage des fourneaux à Fondeur, c'eſt que les trous, par où le vent y entre, ſont expoſés à ſe boucher ſouvent; quand il n'eſt queſtion que d'y tenir le feu allumé deux ou trois heures, comme pour fondre du cuivre ou de l'argent, ce n'eſt pas une difficulté de déboucher ces trous; on frappe deſſus le trou avec un ringard, & on force la matiere qui le couvroit à tomber dans le cendrier. Mais quand le fourneau eſt grand, que le feu y a été long-temps entretenu, les parois du fourneau, ceux des creuſets fourniſſent beaucoup de matiere vertifiée, elle degoutte de toutes parts, elle coûle vers les trous, & les bouche de maniére qu'il eſt difficile de les ouvrir; encore ne reſtent-ils ouverts que pendant un inſtant: de nouvelle matiere vient bientôt les reboucher; chaque fois qu'on les rouvre, le fourneau ſe refroidit, ce qui cauſe une perte de temps, & de charbon conſidérable.

Deux

Deux expédients, qui me ſemblent ce qu'on peut imaginer de plus ſimple, remedient parfaitement aux inconvenients qui viennent ſoit de la part des creuſets, ſoit de la matiere vitrifiée qui bouche les trous par où le vent doit entrer. Pour remedier à ce dernier inconvenient, au lieu des quatre trous qui ſont à fleur du fond du fourneau ordinaire, je place au fond du mien quatre Tuyeres pareilles à celles des forges des Serruriers, des Taillandiers, &c. Je fais poſer ces Tuyeres verticalement, & de façon que leur ouverture ſupérieure ſoit élevée d'environ deux pouces & demi ou trois pouces au-deſſus du fond du fourneau; & enfin que ces Tuyeres ſoient iſolées, qu'elles ne touchent les parois en aucun endroit.

Le vent entrant dans le fourneau par des ouvertures qui ſont trois pouces au-deſſus du fond, il n'y a plus à craindre qu'elles ſe bouchent; quelque quantité de matiere vitrifiée qui s'amaſſe dans le fourneau, il n'y en a jamais aſſés pour qu'elle monte à trois pouces de haut ſur toute la largeur du fourneau.

Si on choiſit ces Tuyeres auſſi fortes que celles des forges ordinaires, en un mot, faites de la figure, & dans les proportions de celles du deſſein, on aura lieu d'être content de leur durée, quoyqu'elles ne ſoient même que de fonte de fer. Mais ſi on prenoit des Tuyeres minces, elles ne réſiſteroient pas, j'en ai eu la preuve dans mon premier eſſay: je me contentai de faire faire des Tuyeres de bar-

res plattes épaisses d'environ deux lignes, elles fondirent; leurs ouvertures furent bouchées par leur propre matiere; mais cela n'arrivera jamais lorsque les Tuyeres auront l'épaisseur de celles des forges communes.

A l'égard des creusets, voici ce que j'ai imaginé pour diminuer considérablement la dépense de leur façon, pour les empêcher d'être chargés du poids des barres qu'ils renferment, pour éviter de les poser en pile les uns sur les autres, pour qu'ils soient moins en risque de s'entr'ouvrir, & les rendre plus durables. Je n'abandonne point la terre, quand elle est bien choisie, elle est la meilleure matiere dont on les puisse composer; mais je substitue des plaques de terre cuite, coupées quarrément, aux creusets ordinaires. Deux plaques seules contiennent le fer qui demanderoit plusieurs creusets, & elles le défendent mieux contre l'action immediate du feu. Ces deux plaques suffisent pour renfermer trois à quatre cent livres de fer, & davantage si on vouloit.

Pour entendre comment deux plaques à peu-près quarrées, peuvent tenir lieu d'un creuset très-grand & très seur, ou de plusieurs plus petits, il faut connoître les principaux changements que j'ai faits au fourneau ordinaire; en quoy notre nouveau fourneau en differe. Il n'est pas fixé à une grandeur déterminée; mais pour le décrire plus commodement, je m'arresterai à un que j'ai fait construire qui n'est guére capable que de contenir 550. ou 600.

livres de fer bien à l'aiſe, & où pourtant on pourroit en mettre davantage ſi le fer eſt épais. Nous verrons dans la ſuite qu'on en conſtruira d'auſſi grands qu'on les ſouhaitera ſur le même principe.

Je donne une baſe quarrée, ou preſque quarrée au creux de ce fourneau, deſtiné à faire ſeulement 550. ou 600. livres d'acier à la fois. Deux des côtés paralleles entre eux * ont chacun 23. à 24. pouces & les deux autres * en ont chacun 21. à 22. Le fourneau conſerve les mêmes dimenſions dans toute ſa hauteur qui eſt d'environ 32. pouces, en la prenant depuis ſon bord ſupérieur juſqu'à ſon veritable fond * ; j'appelle ſon véritable fond, l'endroit où il eſt ſéparé d'avec le cendrier. *

* Pl. 3. fig. 1. *ef*, *ef*.

* *ee*, *ff*.

* Fig. 2. *n*. *g*.

* A. fig. 2, 3, 4, 5.

Quand je viens de dire que l'intérieur de ce fourneau étoit quarré dans toute ſa hauteur, je n'ai voulu en donner qu'une idée groſſiére ; ce qui fait le principal artifice de ſa conſtruction, ce ſont huit couliſſes ou retraites que je fais réſerver depuis le haut juſques en bas, pendant qu'on le bâtit ; elles ſont entaillées dans deux des faces, ou parois qui ſont paralleles entr'elles. Une des faces à quatre de ces couliſſes, & l'autre face les quatre autres * ; elles y ſont ſemblablement placées. J'appellerai deux des couliſſes de chaque parois, les couliſſes du milieu * ; & les deux autres de la même parois, les couliſſes des bouts *. Les couliſſes du milieu ſont éloignées l'une de l'autre d'environ 8. pouces ; elles ſont toutes deux également diſtantes du milieu de la face dans laquelle elles ſont creusées.

* Pl. 3. *g*, *h*, *i*, *k*, fig. 1, 2, 3, 4. & pl. 4. D, E, E, D.

* *h*, *i*.

* *g*, *k*.

Les coulissesdes bouts sont chacune à à peu près 3. pouces du bout dont elles sont le plus proche. La profondeur de chaque coulisse est de près de deux pouces, ou deux pouces & demi, & sa largeur de plus d'un pouce.

C'est au moyen de ces coulisses que les plaques de terre tiennent lieu de creusets. Quatre plaques, avec les faces du fourneau, y composent trois creusets qui n'ont que quelques pouces de hauteur de moins que le fourneau même. Les deux coulisses placées l'une vis-à-vis de l'autre * recoivent & tiennent verticalement une plaque*. Les deux plaques du milieu forment avec les parties des faces & du fond du fourneau, qui sont entr'elles, le plus grand des creusets *; on y peut composer chaque lit de fer de trois barres, large chacune de plus de deux pouces, & le fer de toutes ces barres pese jusqu'à 300. à 350. livres. Ce creuset seul demande deux plaques; chaque plaque des bouts forme avec la face du fourneau, à qui elle est parallele, & dont elle est le plus proche un autre creuset *. On ne peut faire les lits de fer de ceux-ci que d'une seule barre de largeur égale à celles dont il y en a trois dans chaque lit du creuset du milieu; ou si on met deux barres à chaque lit de ces petits creusets, prises ensemble elles ne doivent avoir guére plus que la largeur d'une des barres du grand creuset. L'espace qui est entre chaque plaque du milieu, & la plaque du bout dont elle est le plus proche, est l'espace où le charbon est allumé *. La partie

* Fig. 1. *h, h. i, i.*

* *m.*

* *m, m.* pl. 3. fig. 1, 2, 3, 4. pl. 4, A.

* Pl. 3. fig. 1. 2, 3, 4. *l, l.* pl. 4. B.

* Pl. 3. fig. 1. *n, n.* pl. 4. C, C.

du fond du fourneau qui répond à cet espace, est l'endroit où sont les Tuyeres *. Chaque Tuyere y est placée à distance égale des plaques ; mais elle est plus près de quelques pouces des parois du fourneau que du milieu.

* Pl. 1. fig. 1, 2, 3, 4. n, n.

Quoyque les coulisses recouvrent les bords des plaques, ces creusets ne boucheroient pas toute entrée à la flamme, si après que les plaques ont été mises en place, on n'avoit soin de luter les jointures. Ce que nous avons rapporté dans les premiers Memoires, a appris que le lut se peut faire avec quelque terre sablonneuse, détrempée à consistance de pâte. Ce lut, qu'on fait entrer aisément dans les jointures, s'y soutient à merveille, sur tout celui qu'on fait entrer dans la partie de la coulisse, qui se trouve dans l'intérieur du creuset. Quand les coulisses ont été bouchées avec cette terre, on ne doit nullement craindre que la flamme s'insinuë dans le creuset par les jointures, il n'est point d'endroit de la plaque qui soit aussi surement clos. Au lieu même d'employer une terre qui se vitrifie pour boucher les coulisses, j'employe par préference de la chaux un peu humectée. Quand on la fait bien entrer dans les coulisses, elle bouche suffisamment tout passage à la flamme, & produit un autre bon effet ; lorsque la fournée est finie, lorsqu'on veut retirer les plaques, on les détache sans peine ; elles ne tiennent point aux coulisses ; au lieu qu'on écorne quelques fois les coulisses si on a bouché les vuides, qui restent

entre elles & les plaques, avec une terre qui se vitrifie trop aisément.

La largeur des plaques doit être telle qu'elles entrent de part & d'autre asſés avant dans les couliſſes, ſans pourtant aller juſqu'à leur fond ; c'eſt de cette derniere circonſtance qu'elles tirent un de leurs avantages ſur les creuſets ordinaires. Toute plaque de terre, & toute matiere s'étend à meſure qu'elle s'échauffe, l'augmentation du volume eſt même aſsés conſidérable dans un creuſet de terre échauffé au point de devenir blanc. Or dès-lors qu'une partie s'étend, ſi elle tient à d'autres qui ne s'étendent pas en même proportion, celles-ci lui font violence, la forcent à ſe courber, & quelquefois à ſe ſéparer, & à ſe fendre. C'eſt l'effet que produit l'union des côtés des creuſets, il n'en eſt pas de même de nos plaques ; ſi le feu les étend elles peuvent avancer dans la couliſſe ; rien ne les arcboute, puiſque le lut que nous faiſons mettre, ne remplit point l'eſpace qui eſt entre le bord de la plaque, & le fond de la couliſſe, cet eſpace reſte toujours vuide ; nous le repetons, le lut n'eſt que pour remplir ce qu'il y a d'eſpace entre la plaque, & la partie de la couliſſe qui eſt en recouvrement ſur cette plaque.

Malgré cette facilité des plaques à s'étendre, il ſeroit pourtant difficile qu'elles ne ſe voilaſſent pas un peu, ſi on n'avoit encore une autre petite attention. C'eſt qu'on ne les doit pas faire parfaitement plattes, il faut leur donner un peu de courbu-



re, & prendre garde que le côté convexe fasse le dedans du creuset, & par conséquent que le concave soit tourné du côté des charbons. Cette concavité ne demande à être que de quatre à cinq lignes où elle doit être la plus profonde, vers le milieu; au moyen de cette précaution, à la fin de la fournée, on trouve quelquefois les plaques aussi droites, aussi plattes qu'elles le pourroient être, si on les eût fait telles exprès. Le feu tend à donner de la convexité à la surface sur laquelle il agit, ainsi à mesure qu'il échauffe la plaque, il la redresse, & cela parce que tout corps s'allonge à mesure qu'il devient chaud, & s'allonge d'autant plus qu'il devient plus chaud, le feu tient ses parties plus écartées. Par conséquent la surface de la plaque qui est en dehors du creuset doit s'étendre plus que celle qui est en dedans, d'où s'ensuit necessairement un changement de courbure, qui tend à redresser la plaque. Car si la plaque devenoit de plus en plus concave par le dehors, la surface intérieure s'étendroit plus que l'exterieure, le contraire arrive & doit arriver si cette concavité diminue; alors la longueur de la surface concave devient, à mesure, plus approchante de la longueur de la surface convexe.

Parmi les ouvrages de terre cuite, il n'en est point dont la façon soit plus simple que celle de nos plaques; elles ne sont plus difficiles à faire que les briques, & les carreaux à quatre pans, qu'en ce qu'elles sont plus grandes. La terre étant paîtrie &

amollie au point, où il la faut, on en prend un morceau suffisant pour composer la plaque; on le porte sur une table de bois sans pieds, & posée, si l'on veut immédiatement à terre ; elle a la grandeur & la figure qu'on veut donner à la plaque de terre *. On a eu soin auparavant de soupoudrer cette table de terre réduite en poudre fine, ou d'un sable fin, ou de cendre, afin que la terre moüillée ne s'attache pas à la table. On bat cette masse de terre, soit avec des maillets, soit avec des palettes de bois, soit même avec une barre de fer platte; car ici presque tout instrument est bon. A force de battre cette terre, on la contraint à s'étendre jusqu'au bord de la table de bois; & pour lui en donner précisément la grandeur, & la figure, on coupe avec un coûteau toute la terre qui déborde *. Au reste il faut pourtant frapper avec attention, prendre garde à ne pas trop presser, par les coups, les endroits où il se fait des fentes; rapporter de nouvelle terre dans les endroits qui sont trop creux : si on a trop pris de terre, si la plaque est plus épaisse qu'on ne la veut, on la rendra plus mince en la battant; on forcera de nouvelle terre à déborder par de-là la table, & avec le couteau, on emportera encore cette terre. Qu'on tente seulement de faire trois à quatre plaques, & on en sçaura plus qu'on n'a besoin d'en apprendre ici.

* Pl. 5. fig. 2. p.

* Pl. 5. y, z.

Comme toute terre se retire en séchant, nous avertirons cependant de donner à la plaque plus de

de dimenſions en tous ſens qu'on ne lui en veut, étant cuite. Plus la terre étoit molle, plus elle diminuë en séchant ; mais pour l'ordinaire il ſuffit de faire la plaque d'un pouce, ou d'un pouce & demi plus grande en tous ſens, que le fourneau ne le demande. Après tout, ſi on a peché ici par trop, ou trop peu, il eſt aisé de ſe corriger.

On ne peut guére ſe paſſer de pluſieurs tables de bois propres aux plaques ; car il eſt mieux de laiſſer au moins la plaque prendre conſiſtance, pendant quelques heures, ſur la table où elle a été faite ; on court moins riſque de la rompre en l'en ôtant. Il faut avoir de plus quelque plancher très-uni pour y étendre les plaques à meſure qu'elles ſont faites ; là on les laiſſera sécher à leur aiſe, peu à peu ; ſi elles séchoient bruſquement, elles ſe voileroient. Si elles paroiſſent y avoir de la diſpoſition, on les chargera de quelque poids, comme de quelques barres de fer. On les retournera ſans deſſus deſſous dès que le côté ſupérieur commencera à être ferme.

Quand elles ſeront séches on les fera cuire, mais ce ne ſera que quand elles ſeront bien séches. La maniere la plus sûre de les faire cuire, c'eſt de les mettre dans un four à Potier de terre. Si on n'avoit point de four pareil à portée, on pourroit les mettre dans un four ordinaire, qu'on chaufferoit peu à peu, & le plus lentement qu'il ſeroit poſſible. Si on les cuît bruſquement, on court riſque de les faire peter, ou fendre.



Au défaut d'un four, j'en ai quelques fois fait cuire entre deux plaques de fer, au dessus, & au dessous desquelles, je mettois du charbon, les plaques étoient à plat. J'en ai fait cuire aussi d'une autre façon *, je les plaçois verticalement dans un batis de fer composé de deux chassis horizontaux, assemblés par quatre montants. Sur le chassis inférieur étoient des morceaux de fenton de fer, qui formoient une grille, sur laquelle les plaques étoient posées de bout, laissant entr'elles au moins un pouce ou un pouce & demi d'intervalle. Sur le chassis supérieur il y avoit d'autres barreaux de fer, perpendiculaires à ceux de la grille, qui servoient à maintenir les plaques, à les empêcher de se toucher ; on remplissoit de menu charbon les entre-deux des plaques, & on en mettoit dessous le chassis inférieur, & dessus les plaques. C'est une façon de cuire asses bonne, qui ne vaut pourtant pas celle des fourneaux ou fours.

* Pl. 5. r, s, t, u.

Mais après tout tout ce qu'il y a de plus important ici c'est le choix de la matiere, dont ces plaques doivent être faites. Ceux qui seront auprès des verreries n'auront besoin sur cet article d'aucune instruction; il suffira qu'ils soient avertis de les faire des mêmes terres dont les Verriers font leurs pots, & pour le mieux encore de les faire travailler par les Ouvriers mêmes qui font ces sortes de pots. Au moyen de quoy le meslange, qu'il faut toûjours faire d'une terre cuite avec une terre qui ne l'a pas été, se fera dans une plus juste proportion.

Les terres à creuſets ordinaires, peuvent être employées ſi on n'a pas de celles de pots de Verrerie. Les terres à creuſets ſont les mêmes glaiſes avec leſquelles on fait de la tuile, & de la brique. Mais, au lieu que pour faire de la tuile & de la brique, on meſle avec ces terres du ſable, pour en faire des creuſets & nos plaques, il faut y meſler au moins un tiers de ciment, fait de pots à beurre, ou pots de grés. Ce ciment n'eſt rien autre choſe que de ces vieux pots concaſsés & réduits en grains de la groſſeur d'un gros gravier, ou pareils à peu près aux grains de la brique, ou du tuileau pilé pour le ciment ordinaire. On pourroit même ſe ſervir des briques, des tuileaux, ou de fragments de tuiles pilés, ſi la tuile, du pays où l'on, eſt d'excellente tuile.

Dans les grandes villes, comme Paris, ceux qui ramaſſent les chiffons, ramaſſent auſſi les pots de grés caſsés, pour les vendre aux Faiſeurs de creuſets. Dans les campagnes il ne ſeroit pas auſſi aiſé de recouvrer de ces fragments de pots. Alors il faut faire faire des petites briques purement de glaiſe, où dans leſquelles on fera entrer peu de ſable. On fera cuire ces briques autant, & plus que les briques ordinaires, elles ſeront propres à être pilées pour être meſlées avec la terre neuve dont on veut faire les plaques.

Il y a des glaiſes qui demandent à être lavées pluſieurs fois, c'eſt-à-dire, paitries dans l'eau à pluſieurs repriſes, pour les dépoüiller de leurs ſels.



Mais le mieux ſera d'avoir des terres reconnuës pour réſiſter parfaitement au feu. Dans bien des Verreries on eſt obligé de tirer ces ſortes de terres de fort loin, le tranſport eſt ce qu'il y a de plus cher, & ce ſont des frais qu'on ne doit pas balancer à faire pour nos fourneaux à acier.

Plus la terre ſera en état de réſiſter au feu, & moins on ſera obligé de donner d'épaiſſeur aux plaques. C'eſt un grand avantage d'avoir des plaques minces ; elles & par conſéquent les barres qu'elles renferment, en ſont bien plus viſte échauffées. Pour profiter de cet avantage, il faut tâcher de n'être pas obligé de ſe ſervir de plaques, qui aient un pouce d'épaiſſeur ; ſi la terre eſt excellente, on en pourra faire qui n'auront pas plus de ſept à huit lignes. Les creuſets de terre de Beauvais, quoyque plus minces encore, réſiſtent pendant long-temps à la plus violente ardeur du feu, il eſt dommage qu'ils ſoient ſi peu en état de ſoûtenir le refroidiſſement. Enfin on s'appliquera à ce qui regarde le travail des plaques, comme à un des articles des plus importants de notre art.

Mais pour revenir au fourneau & achever ce qui regarde la maniere de poſer les plaques de façon qu'elles forment avec les parois des creuſets bien clos. Il doit y avoir au fond du fourneau, dans l'endroit ou chaque plaque doit porter, une couliſſe pareille à celle des côtés, ou pour le mieux encore, les endroits du fond du fourneau, qui doivent être



les fonds des creusets, seront tenus au moins de deux pouces plus élevés que le reste ; les plaques descendront au dessous de ces endroits plus élevés. On peut remarquer cette disposition. Pl. 5. dans les fig. 2. 3. & 4. Du lut, mis endedans de chaque creuset, contre les plaques, rendra les jointures du bas bien closes.

Il reste à donner des couvercles à chacun de nos creusets ; il est encore essentiel, que ces couvercles bouchent bien ; car outre l'entrée de la flamme qui seroit à craindre, il se feroit une évaporation de sels considérable, comme nous l'avons déja dit ; la composition se trouve affoiblie de tout ce qu'elle a perdu par la sublimation. Après avoir tenté differentes sortes de couvercles, je n'ai rien trouvé de mieux que ceux qui sont faits en recouvrement, comme ceux de toutes les boistes. Le rebord du couvercle descend d'environ un pouce par de-là le bord de la plaque *. Les rebords de ces couvercles se terminent à quelque distance de leurs bouts, & cela parce que les couvercles en sont mieux faits, s'ils ont un peu plus de longueur que le creuset qu'ils sont destinés à couvrir; ce surplus de longueur se loge dans des entailles creusées dans les faces du fourneau *. Du lut bouchera encore ici, comme ailleurs, les vuides que les jointures peuvent laisser.

* Pl. 4. z, z. 2. & pl. 3. fig. 4.

* Pl. 4. a.

Outre l'effet pour lequel ces couvercles sont mis en place, ils en produisent encore un autre très-bon ; leurs rebords retiennent les bords supérieurs des





plaques ; ils empêchent ces plaques de ſe voiler par en haut, qui eſt l'endroit par où elles ſe voileroient le plus. Au lieu de faire les deſſus des couvercles plats, on peut leur donner du talus. Le deſſus du couvercle du creuſet du milieu aura ce talus égal de part & d'autre ; & les deſſus des couvercles des creuſets des côtés n'auront qu'un ſeul talus, ſçavoir vers les foyers;cette figure facilitera la cheute des charbons. *

* Pl. 4. *l,m, n.* pl. 3. fig. 3. *u, x, y.*

Nous avons beſoin encore d'un couvercle, & beaucoup plus grand que les précédents, c'eſt de celui qui bouche l'ouverture même du fourneau. Si le fourneau étoit ouvert par deſſus, il s'y conſumeroit beaucoup plus de matiere combuſtible, ſans échauffer autant les creuſets. Abſolument ce couvercle pourroit être plat, comme ceux des fourneaux à Fondeurs en cuivre ; mais il eſt beaucoup mieux qu'il ſoit ceintré en voute ſurbaiſsée. Je ne preſcrirai point de regles préciſes ſur la hauteur qu'on doit donner à ce ceintre ; je dirai ſeulement que les couvercles ne ſont pas commodes, ſi on les fait plus plats que celui que nous avons fait repréſenter * ; & que ſi on les éleve beaucoup davantage, que le fourneau en chauffe moins bien ; l'endroit qui reverbere la flamme eſt plus éloigné des creuſets. Il peut y avoir mille petites variétés dans la conſtruction de ce couvercle, nous ne nous arrêterons qu'à ce qui lui eſt preſque eſſentiel. On le fera épais de pluſieurs pouces, d'une bonne terre, ſemblable à celles des plaques. On peut

* Pl. 4. *o p. q, r, s,* & 5.

le mettre sur le fourneau, avant qu'il soit cuit ; mais non pas avant qu'il soit bien sec. Les fentes qui s'y peuvent faire ne sont pas autant à craindre que celles qui peuvent se faire aux plaques. Tout ce qui importe c'est que les parties de ce couvercle tiennent ensemble. Il durera très-long-temps, si étant fait épais, & de bonne terre, on a de plus soin de le lier en deux ou trois endroits, comme on l'a fait représenter dans la figure *. Ces liens sont des chassis composés de quatre bandes de fer, dont deux sont percées à chacun de leurs bouts, pour laisser passer les bouts des autres bandes ; celles-ci sont taillées en vis qui recoivent des écrous, qui retiennent l'assemblage. Des liens assemblés d'une autre façon ne serreroient pas long-tems le couvercle ; plus il cuist, plus il diminuë de volume ; en tournant les écrous on a la facilité de presser le couvercle autant qu'il est nécessaire pour empêcher l'élargissement des fentes qui peuvent s'y ouvrir.

* Pl. 4. o, q.

Le haut de ce couvercle a une ouverture ronde * de quelques pouces de diamettre, on la ferme quand on veut avec un bouchon *. C'est par cette ouverture qu'on fait entrer le charbon dans le fourneau. Ce bouchon est lui-même percé, & recoit un bouchon plus petit *. On ouvre ce trou quand on veut donner quelque air au fourneau ; pour donner plus d'air, quand il en est besoin, il y a encore quatre autres petits trous peu éloignés du grand, qui ont chacun leurs bouchons. L'ouverture

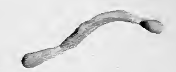
* Pl. 4. n.
* 7.
* 9.

E. r, f. du milieu eſt entourée de quatre plus petites,* qui avec leurs bouchons ſervent de regiſtres. Enfin il faut encore au moins deux, ou quatre autres trous, & que deux de ceux-ci ſe trouvent placés à peu près vis-à-vis le milieu des capacités du fourneau qui ſont entre le creuſet du milieu, & un des creuſets des bouts, vis-à-vis des capacités où doit tomber le charbon; quand il entre dans le fourneau, il deſcend ſur le deſſus du creuſet du milieu, au moyen des deux trous dont nous venons de parler, on fait paſſer une petite verge de fer dans le fourneau, avec laquelle on amene le charbon enflammé entre les creuſets.

Ces derniers trous ſeront toûjours bouchés quand on n'aura pas à faire entrer la verge de fer dans le fourneau. Lorſqu'il eſt beſoin de donner air au fourneau, de donner quelque ſortie à la flamme, il y a plus d'avantage à la lui donner par des ouvertures qui ſoient tres proches du milieu du couvercle, cette flamme, pour y arriver, paſſe ſur le creuſet du milieu, & le chauffe davantage.

Les charbons ſéjourneront moins ſur le couvercle du creuſet du milieu, ſi on donne quelque convexité à ce couvercle, & c'eſt ce qu'on eſt très maître de faire, comme nous en avons averti.

Quoyque nous ayons dit que le grand couvercle du fourneau eſt fait en dôme, & qu'il le ſoit intérieurement, par le dehors il doit avoir
F. 9. un rebord * élevé de quelques pouces, qui renferme



ferme un quarré dont les côtés ſoient paralleles à ceux de la baſe, & qui en aient chacun la moitié ou les trois quarts de la longueur de cette baſe. Ce rebord peut être fait de tole, il ſert, comme nous le dirons dans la ſuite, à contenir des charbons qui s'y allument avant qu'on les faſſe entrer dans le fourneau.

Enfin il eſt bon que le rebord du fourneau ait une feüillure ſur laquelle le couvercle poſe.

On n'ôte ce couvercle de place que quand on décharge le fourneau, ou qu'on veut le charger. Si on trouve trop embarraſſant de le remuer à bras, on le pourra faire ſoit par le moyen d'un levier ſuſpendu à une potence au-deſſus du fourneau, ſoit par le moyen d'une poulie ſur laquelle paſſera une chaîne. Que la chaîne tienne au levier ou paſſe ſur la poulie, on l'attachera à une anſe de fer, & cette anſe ſera accrochée à des tourillons auſſi de fer qui tiendront à un des chaſſis qui lie le fourneau, ou à quelqu'autre endroit qu'on jugera plus convenable. Chacun pourra choiſir ſur cela des expedients à ſon gré; celui qui eſt repréſenté, pl. 5. fig. 1. eſt ſuffiſant.

Quand on a fait de l'acier dans un fourneau avec des barres de fer de même qualité, & de même épaiſſeur, on ſçait à peu près combien d'heures de feu doivent ſoûtenir de pareilles barres pour être converties en bon acier; mais on ne le ſçait jamais aſſés préciſément; on n'eſt pas sûr que l'air ait ſouflé avec une même for-

ce dans des fournées différentes; que le charbon ait bruslé avec la même ardeur; la sécheresse & l'humidité y causent des différences; d'ailleurs on ne sçait plus où l'on en est quand on change de fer, ou qu'on l'employe de différentes épaisseurs. Si on ne veut point aller à l'aveugle, il faut absolument pouvoir retirer de différents endroits du fourneau des barres, qui étant essayées fassent juger de l'état des autres; c'est ce qu'on peut aisément dans notre fourneau au moyen de certaines ouvertures dont nous n'avons point encore parlé. Ce sont des especes de fenêtres qui donnent, quand on veut, la facilité de voir ce qui se passe dans chaque creuset *. En construisant le fourneau on réserve ces ouvertures, je conseille d'en réserver au moins trois à chaque creuset, à différentes hauteurs, les unes au-dessus des autres; & de leur donner de largeur seulement un pouce ou deux de moins qu'en a le creuset, lorsque les plaques sont en place; & au moins cinq pouces de hauteur; les réflexions que nous ferons par la suite, détermineront apparemment à leur en donner davantage. Quelque soit la grandeur qu'on ait donnée à chacune de ces ouvertures, on lui fera un tampon de pareille figure & qui aura autant de longueur que le fourneau a d'épaisseur. Ces tampons seront composés de terre pareille à celle des plaques & des couvercles. Chaque fois qu'on les mettra en place, on aura soin de reluter leurs jointures.

* Pl. 3. fig. 2. q, q, 2, q, 3, & pl. 4. F, F 2, F 3.

Ces ouvertures affoibliſſent un peu la Maçonnerie du fourneau ; mais on lui rendra plus qu'elles ne lui ôtent, en le liant à quatre hauteurs differentes avec des liens de fer *. On peut faire ces liens d'une bande de fer replié en angles droits autant de fois qu'il faut, & dont les deux bouts ſeroient ſoudés enſemble, faire un chaſſis d'une ſeule piece de grandeur proportionnée à la place, où il doit être ; mais le mieux encore ſera de les faire pareils à ceux dont nous avons parlé pour le couvercle.

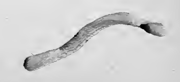
* Pl. 4. K. K, K, K.

Il eſt libre de laiſſer toutes les ouvertures du même côté du creuſet, ou de les diſtribuer des deux côtés à différentes hauteurs. Quelque exactement que les bouchons entrent, le fer chauffera peut-être un peu moins vers les ouvertures, qu'il ne chaufferoit ſi la Maçonnerie étoit toute un maſſif uniforme. Ce qu'il peut y avoir de moins de chaleur ne ſçauroit pourtant être conſidérable ; ſi on veut que toutes les ouvertures ſoient d'un côté, on aura ſeulement attention de donner aux Tuyeres, qui ſont de ce même côté, des embouchures de quelque choſe plus grandes, que celles des autres Tuyeres ; le vent aiant un cours plus libre de ce côté y entretiendra une plus grande chaleur.

Loin donc de chercher à diminuer les ouvertures que nous faiſons au fourneau, peut-être ſera-t-on tenté d'eſſayer de laiſſer chaque creuſet preſqu'ouvert d'un côté du haut en bas, de n'y

laiſſer de maſſif qu'aux endroits où les liens doi-vent s'appliquer. Pluſieurs avantages ſemblent y inviter. Outre celui qu'on auroit de pouvoir re-tirer des barres de quelque hauteur du fourneau qu'on voudroit, il y en a quelques autres aſsés im-portants. On auroit la commodité de charger les creuſets, & de les décharger par les côtés; & cet-te commodité eſt quelque choſe à qui veut pro-fiter de toute la chaleur que le fourneau a priſe. Si on charge, ou décharge le fourneau par en haut, on eſt dans la néceſſité d'attendre qu'il ſoit plus re-froidi, que lorſqu'on le charge, & décharge par les côtés; la premiere maniere contraint à avoir le viſage immediatement au-deſſus de l'ouverture ſupérieure des creuſets, & d'enfoncer les bras aſsés avant dans les creuſets, & c'eſt à quoy on n'eſt point obligé quand on charge par le côté.

Mais le grand avantage, c'eſt qu'on eſt con-tinuellement à portée de voir ce qui ſe paſſe dans toute la hauteur de chaque creuſet. On ne ſçauroit remedier aux accidents qui ſurviennent aux creuſets placés dans les fourneaux ordinaires; au lieu que les ouvertures, dont il s'agit, donnent la facilité d'apporter remede à ceux qui ſurviennent à nos plaques qui tiennent lieu de creuſets, & d'autant plus de facilité que les ouvertures des cô-tés ſeront plus grandes. Si une de ces plaques vient à ſe fendre conſidérablement, qu'elle ait quelque part un trou; on bouche cette fente ou ce trou avec de quelques morceaux de Tuileau, ou avec



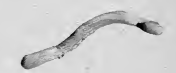
quelques morceaux de terre cuite en plaques plus minces que ne sont les tuileaux ordinaires. On frotte le tuileau de verre pilé, ou de quelque lut fondant, & on le fait entrer dans le creuset entre les couches de fer, & les plaques. On peut de même boucher les plus grands trous. Arrive-t-il quelque accident moins considérable; n'y a t'il que quelques feslures légeres qui donnent cependant entrée à une petite flamme, qui à la longue consumeroit la composition, & la réduiroit en cendre? On fait entrer de nouvelle composition qui remplace celle qui a été bruslée, on la pousse jusqu'où l'on veut avec de petites verges, ou de petites lames de fer.

Quand le feu a été quelque temps au fourneau tout s'abaisse, car la matiere, de cela seul qu'elle séche, diminue de volume; il reste une grande place vuide au haut du creuset. Au moyen des tampons, qui s'ôtent quand on veut, on profite de cette place, on y introduit des barreaux de fer plus minces que ceux qu'on a mis d'abord, & la composition qu'on juge nécessaire; ces derniers, étant plus minces, se trouvent aussitôt acier que les autres.

Peut-être que l'expérience apprendra à tirer de ces ouvertures des creusets un avantage encore plus considérable; qu'elle apprendra à ne plus charger les creusets, qu'avec du fer déja rendu chaud au point nécessaire pour devenir acier; ce qui épargneroit considérablement de temps, & de charbon.

On en peut trouver la preuve dans quelques remarques rapportées dans le ſecond Mémoire ; elles ont appris qu'une très-longue partie de la durée de l'action du feu, du fourneau, eſt employée pour amener le fer au point où la compoſition puiſſe agir deſſus, à rendre ce fer aſsés chaud pour être d'un rouge blanchâtre. Il ne faudroit que très-peu de temps pour faire rougir, ou blanchir la même quantité de barres dans un feu ouvert. La ſeule difficulté qui reſte, par rapport à laquelle on a beſoin d'expériences, c'eſt de tâter les moyens les plus commodes de diſtribuer la compoſition, déja miſe dans le creuſet, à peu près également entre les lits des barres qu'on y feroit entrer blanches. Divers expedients ſe préſenteront ; un des plus ſimples ſeroit peut-être de faire donner deux coups de ciſeau à chaque bout des barres, & deux coups au milieu, & de faire relever au-deſſus du reſte, la partie que le ciſeau auroit entaillée. Ce n'eſt pas une façon qui allongeroit beaucoup le travail ; ces petites parties ſaillantes empêcheroient les barres de s'appliquer les unes contre les autres, & menageroient entr'elles des eſpaces où la compoſition ſe placeroit.

Un autre expédient ſeroit d'avoir des morceaux de fil de fer, qui euſſent de diametre ce que les couches doivent avoir d'épaiſſeur, & de faire entrer de pareils morceaux de fil de fer qui croiſeroient les barres du dernier lit. Les barres du lit ſuivant ſe poſeroient ſur les fils de fer. Le peu que



les barres seroient touchées par le fil de fer, ne les feroit pas devenir acier plus tard sensiblement dans les points de contact qu'ailleurs. On imaginera beaucoup d'autres manieres de charger le fourneau de fer chaud, si on veut les chercher ; il suffit peut-être d'avoir fait penser qu'il pourra y avoir de l'épargne à les chercher.

Plus on ouvrira le fourneau, & plus il faudra multiplier les liens, dont nous avons parlé ci-dessus, ou au moins augmenter leur force ; c'est de quoy on sera très-maître. Dès qu'on donnera aux barres une certaine épaisseur, on donnera au fourneau toute la force qui sera nécessaire. Vis-à-vis les endroits qu'on aura choisi pour placer les liens, on réservera de petits planchers, qui n'auront, si l'on veut, que l'épaisseur même du lien, & ce seront ces planchers qui supporteront les bouchons.

Nos bouchons, ou au moins quelques-uns de nos bouchons seront plus commodes, si ils ont eux-mêmes une ouverture parallele à leur longueur, & qui aille d'un bout à l'autre *; un petit bouchon proportionné à cette ouverture la remplira. Quand on voudra simplement voir où en est la chaleur des creusets, on se contentera de tirer un de ces petits bouchons.

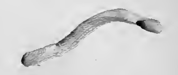
* Pl. 4. O, P, Q, R, S.

Outre toutes les ouvertures, dont nous avons parlé, il est bon d'en laisser au moins deux autres à chaque fourneau ; celles-ci seront vis-à-vis le milieu des capacités qui reçoivent le charbon * ; il n'importe pas qu'elles soient fort grandes : elles

* Pl. 4. I, I.

seront fermées chacune par une espece de petite porte. Leur usage est de laisser passer une verge de fer, lorsqu'on le juge à propos, pour remuer le charbon. Quelques fois aussi elles laissent passer un Ringard ou grosse barre de fer, qu'on pique horizontalement dans la face opposée du fourneau; ceRingard placé horizontalement soutient les charbons, il les empêche de descendre trop vîte, ce qu'il faut empêcher dans quelques occasions, & sur tout lorsque le charbon est trop menu; elles servent encore lorsqu'on veut nétoier le bas du fourneau, en retirer la matiere vitrifiée.

On construira ce fourneau de briques qu'on liera ensemble avec une bonne terre franche, ou avec de la terre préparée comme pour les creusets, ou au moins on en construira tout ce qui approche de l'intérieur. Le mortier ordinaire fait avec la chaux, & le sable, ne convient point aux ouvrages qui doivent soutenir une violente chaleur; on pourroit, tout au plus, l'employer pour bâtir le contour, & pour revestir tout l'extérieur du même fourneau. La brique, sur tout celle qui approchera du dedans, sera de nature à résister au feu; si on n'a pas de pareilles briques dans le pays, on en fera exprès avec de la terre à pots de Verrerie, ou au moins de la terre à creusets ordinaires, meslée avec du ciment de pots de grés. Il faut absolument quelques-unes de ces briques propres à bien résister au feu; mais il n'en faut pas beaucoup, c'est asses d'en avoir pour bâtir les quatre pilastres qui sont entre les trois creusets. On

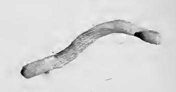


On peut faire chacun de ces pilaſtres d'une ſeule piece de terre préparée, qui ait autant de longueur que le fourneau a de hauteur, & une largeur égale à l'eſpace qui doit reſter entre deux plaques, & environ ſept à huit pouces d'épaiſſeur. Après avoir bien laiſsé sécher ces pieces, & les avoir même fait cuire à fond, on enclavera dans la maçonnerie tout ce que leur épaiſſeur a de plus qu'il ne faut aux couliſſes. Afin même que ces pieces ſoient mieux retenuës en place, qu'elles ſoient moins exposées à ſe voiler, dans le temps qu'elles ſeront molles encore, dans le temps qu'on les paitrira, on engagera dans chacune trois ou quatre pieces de fer diſtribuées à differentes hauteurs; chacune de ces pieces de fer ſera fourchuë à chaque bout. Quand les pilaſtres de terre ſeront en place, ces eſpeces de crampons de fer ſeront horizontaux, tout ce qu'ils auront en dehors des pilaſtres ſera engagé dans la maçonnerie.

Mais ce qu'il y auroit de mieux, ce ſeroit de faire au moins ces pilaſtres, de pierres pareilles à celles dont on fait les *Ouvrages* des fourneaux, où l'on fond la mine de fer. Ces ſortes de pierres ne doivent pas être difficiles à recouvrer dans la plûpart des pays, qu'on doit choiſir par préference pour établir des fabriques d'acier, c'eſt-à-dire auprès des forges. Au pis aller, on pourroit faire venir de loin ces pierres, comme on y eſt même contraint quelques fois pour les fourneaux à fondre la mine. Si tout l'intérieur de nôtre fourneau

à acier étoit conſtruit de pareilles pierres, il n'en ſeroit que plus durable.

Voilà nôtre fourneau bâti; je ſuppoſe auſſi les plaques miſes en place, que leurs jointures ont été lutées avec les précautions que nous avons preſcrites; il s'agit à préſent de le charger, d'y allumer le feu, & de l'entretenir. Pour le charger, on commencera par couper les barres du fer, qu'on veut changer en acier, en morceaux égaux, mais qui auront chacun un pouce, ou un pouce & demi de moins de longueur, que n'en ont les creuſets. Il n'eſt point de fourneau qui chauffe également par tout;les endroits,où le notre eſt le moins chaud, ſont près du bas, & près du haut; & comme l'épaiſſeur des barres, doit, au moins en quelque ſorte, être proportionnée à l'activité qu'a le feu dans les endroits où elles ſont placées, ſelon les remarques générales de notre ſecond Mémoire; vers le bas & vers le haut du fourneau, on compoſera les lits de fer, de barres: de moitié d'un tiers plus minces, que celles des lits qui ſeront vers le milieu; de ſorte qu'il faut au moins des barres de deux épaiſſeurs différentes; ſi on en avoit de trois épaiſſeurs, ce ſeroit encore mieux. On commenceroit par les couches du fer le plus mince, enſuite on prendroit le fer de l'épaiſſeur médiocre, après quoy on feroit les couches du fer le plus épais; on reprendroit le fer d'épaiſſeur médiocre, & on finiroit par les couches du fer mince.

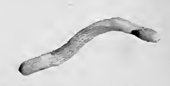


L'attention n'a guére besoin d'être portée plus loin. Comme ce n'est pourtant pas précisément au milieu que tout fourneau chauffera le plus vivement, & que l'endroit de la plus grande chaleur se trouve même différent dans différents fourneaux ; si on veut connoître à peu près cet endroit, afin d'être en état d'espacer plus régulierement les lits de fers de différentes épaisseur, on en pourra être instruit, après une premiere fournée ; & pour cela il n'y aura qu'à poser verticalement dans le fourneau une barre qui soit part tout à peu près d'égale largeur & épaisseur. On cassera cette barre en un grand nombre de parties, qu'on essayera séparément. On reconoîtra celles qui ne sont pas asses acier, celles qui le sont trop, ou qui le sont le plus ; & comme il sera aisé de juger à quelle hauteur elles étoient placées, il le sera de même de s'assurer des endroits qui chauffent plus, & de ceux qui chaufent moins.

Le fer qu'on veut renfermer dans le fourneau étant coupé par morceaux, & la composition étant préparée, on pesera les barres destinées à composer un même lit ; afin de sçavoir combien pesera chaque lit du fer le plus mince, chaque lit du fer médiocre, & chaque lit du fer épais. Le poids d'un lit fera juger à peu près du poids des autres, & l'à peu près suffit ici. On pesera de même la quantité de composition qui convient pour chaque lit de différent poids. On mettra cette composition dans quelque vaisseau soit de terre, de

bois, ou de métal. Ainsi on aura trois vaisseaux de trois grandeurs différentes, qui seront chacun tout autant de mesures de la composition qu'il faut étendre entre les lits de fer. Tout cela n'est nécessaire que pour s'épargner le temps de peser, & de repeser continuellement. La couche de composition, qui séparera un lit de fer épais d'un lit de fer plus mince, sera faite d'une épaisseur moyenne ; la vûë sera un juge autant sûr qu'il le faut, pour décider ce qu'il est nécessaire d'ajoûter ou de retrancher à cette couche.

Par la construction de notre fourneau, chaque creuset du bout ne peut contenir qu'environ le tiers du fer, que contient le creuset du milieu. Quoyque les surfaces que ces deux creusets, pris ensemble, opposent au feu, soient à peu près égales aux surfaces du creuset du milieu contre lesquelles le feu agit, l'action du feu n'est pas encore aussi puissante sur le fer de ces petits creusets que sur celui du grand ; l'avantage qu'ils tirent de leur moindre capacité ne compense pas suffisamment le désavantage qu'ils ont de se trouver proche des parois du fourneau, qui plus épaisses que les plaques, sont plus difficiles à chauffer, & dont la chaleur est continuellement diminuée par l'air exterieur. On aura donc attention de remplir ces petits creusets de barres d'environ un tiers plus minces que celles du grand creuset. Qu'on n'espere pas même que ces barres se convertiront entierement en acier la premiere fois que



l'on mettra le feu au fourneau. Mais à une ſeconde, & encore mieux à une troiſiéme fournée la converſion du fer en acier s'y fera fort bien, les parois du fourneau ont eu le temps d'être échauffées, & elles conſervent la chaleur qu'elles ont reçûës.

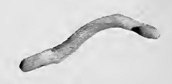
Si on vouloit avoir un fourneau dans les petits creuſets duquel on miſt du fer auſſi épais que celui du grand creuſet, il n'y auroit qu'à tenir ce creuſet du milieu encore plus large, & c'eſt ce qui eſt très-permis. L'opération s'y achevera plus lentement, mais auſſi plus de fer y ſera converti à la fois.

Enfin les creuſets étant chargés de fer, & de compoſition, on leur donnera leurs couvercles, on les lutera, & il ne reſtera plus qu'à allumer le feu qui doit être conduit avec quelques précautions. On jette d'abord quelques charbons allumés dans les capacités qui ſont entre les creuſets; on rempliſt enſuite les capacités de charbon noir, & on donne quelques coups de ſouflet pour l'enflammer un peu; après quoy on met en place, & a demeure le couvercle du fourneau. On continue de ſoufler juſqu'à ce que tout le charbon ſoit allumé, quand il diminue, on en jette de nouveau. Nous ſuppoſons le feu bien allumé, & que le fourneau commence à s'échauffer. Il y a certaines attentions à avoir pour entretenir le feu le plus avantageuſement qu'il eſt poſſible; deux remarques feront entendre en quoy conſiſtent principalement ces attentions. La premiere eſt qu'il faut éviter de faire tomber une trop grande quan-

tité de charbon entre les creuſets, qu'il ne faut pas que les cavités deſtinées à le recevoir en ſoient remplies, & encore moins que les charbons y ſoient entaſsés, preſsés les uns contre les autres. Il ſembleroit, & les Fondeurs en paroiſſent convaincus, que plus il y auroit de charbons allumés entre les creuſets, & que plus viſte & plus violemment ils devroient s'échauffer; l'expérience m'en a déſabusé; & comme on ne manque jamais de raiſon pour expliquer les faits une fois connus; celle qui ſe préſente le plus naturellement pour éclaircir celui-ci, c'eſt que quand les charbons ſont entaſsés, l'action du vent tombe preſque entiere ſur eux, & peu ſur les plaques; le vent ne ſçauroit darder le feu contre elles; les couches de charbon les mettent, pour ainſi dire, à l'abri: le vent d'ailleurs enflamme plus vivement une petite quantité de charbon qu'il trouve à ſon paſſage, qu'il n'enflammeroit une quantité plus conſidérable.

Les rebords des couvercles de nos creuſets produiſent par rapport à ceci un bon effet, comme ils ſaillent ſur les capacités, où ſont les charbons, ils rétreciſſent leurs ouvertures; le charbon y entre plus difficilement. Ces parties ſaillantes produiſent encore un autre excellent effet, elles reverberent le vent ſur les charbons.

Ce rétreciſſement même, de l'ouverture des capacités, ne m'a pas toujours paru ſuffiſant, il a fallu ajoûter d'eſpace en eſpace des barreaux qui fiſſent la fonction de grilles. J'ai fait faire ces bar-



reaux de terre pareille à celle des plaques, un de leurs bouts portoit sur le creuset du milieu, & l'autre sur un de ceux des bouts. Nous avons parlé ci-dessus de deux ouvertures par lesquelles on fait entrer des ringards, qu'on pique horizontalement dans le mur, ces ringards ont aussi un usage semblable.

La seconde remarque essentielle, c'est de ne laisser jamais tomber entre les creusets le charbon qu'il ne soit allumé; autrement il modereroit la chaleur, qu'il est destiné à entretenir & à augmenter. Je voudrois que le charbon n'entrât jamais dans le fourneau, qu'il ne fût presque rouge. Il est incontestable que tout charbon qui entre dans le fourneau, sans avoir pris le degré de chaleur de celui qui y est, refroidit le reste. C'est sans doute cette considération qui a engagé à donner tant de hauteur aux fourneaux ordinaires, où l'on fond la mine de fer; avant que le charbon, qu'on jette noir, soit arrivé à l'endroit où la chaleur doit être violente, à l'endroit où se fait la fusion de la mine, il a eu le temps de s'enflammer entierement. Pour faire quelque chose d'équivalent dans notre petit fourneau, on n'a qu'à n'y point faire entrer le charbon qu'il ne soit allumé; & on peut aisément le faire allumer sur le couvercle. Nous avons donné un rebord à ce couvercle, qui sert à retenir le charbon qu'on jette dessus; quand la flamme qui passe par les trous du couvercle, a rendu ce charbon presque rouge, on le fait tomber dans le fourneau; en la place de celui-ci on met

d'autre charbon noir ; celui qui eſt entré dans le fourneau eſt pour la plus grande partie arrêté par le couvercle du creuſet du milieu. On l'y laiſſe un inſtant, juſqu'à ce qu'il ſoit devenu blanc, alors on le tire de deſſus le creuſet du milieu dans les cavités , au moyen de quoy elles ſont toujours remplies par le charbon le mieux embrasé. Si on trouve trop de geſne à faire allumer le charbon au-deſſus du couvercle , ſi on veut le jetter tout noir dans le fourneau, on donnera plus de hauteur à ce fourneau, pour laiſſer plus d'intervalle entre ſon couvercle & ceux des creuſets, afin que le charbon ait plus le temps de s'échauffer avant de deſcendre entre les creuſets.

Dans la premiere & la ſeconde heure que le feu a été mis au fourneau, on ne le preſſera pas trop, pour donner aux plaques le temps de s'échauffer peu à peu; elles en réſiſtent mieux dans la ſuite; elles ſe tourmentent moins; la compoſition ne s'enfie pas ſi ſubitement; mais cette heure paſsée, on chauffera très vivemeet.

Nous avons fait voir la commodité, & la néceſſité des Tuyeres par où le vent entre dans le fourneau. Mais nous ajouterons ici qu'il eſt abſolument néceſſaire qu'elles ſoient bien à plomb, pour peu qu'elles inclinaſſent vers quelqu'une des plaques, le vent agiroit trop puiſſamment contre l'endroit vers lequel il ſeroit dirigé, il le mineroit peu à peu & le perceroit à la fin.

Au moyen de la hauteur où ſont les ouvertures



res de ces Tuyeres, au dessus du fond, il n'y a pas à craindre qu'elles soient bouchées par la matiere vitrifiée; mais il peut arriver qu'un charbon tombe dans une de ces ouvertures, de telle maniere qu'il s'y place comme un bouchon, que le vent n'ait pas la force d'enlever. Ce cas est rare, mais quand il arrive, il seroit facheux d'être obligé de retirer le couvercle pour faire entrer un ringard dans le fourneau, qui se refroidît pendant cette manœuvre. On remedie à cet accident au moyen de quatre portes que l'on réserve au cendrier vis-à-vis les Tuyeres. * Dans le besoin on ouvre la porte qui est vis-à-vis de la Tuyere qui ne donne pas asés d'air, on fait passer un ringard crochu, ou un gros fil de fer à Chaudronnier, dans le cendrier, on fait ensuite entrer le bout de ce ringard dans la Tuyere, & on la débouche sans peine.

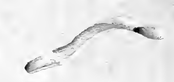
* Pl. 4. L L.

Si au lieu des deux Tuyeres on en place trois, & même davantage, à chaque foyer, il n'y aura nul inconvenient, pourvû qu'elles aient l'épaisseur convenable pour résister au feu. Le vent entrant par plus d'endroits dans le fourneau, la flamme sera dardée moins violemment vis-à-vis chacune des entrées; par conséquent les plaques y seront moins exposées à se fondre. Pour les mettre encore plus en sureté, je propose une nouvelle forme de Tuyere; dont je n'ai pas encore fait l'essay, mais je ne vois aucun lieu de douter qu'elle réussise. Elle est représentée pl. 3. fig. 8, elle a seule, à peu de chose près, la longueur d'un des foyers, sans en avoir la

largeur ; il ſera aisé d'en faire jetter en moule de pareilles. La même quantité d'air étant introduite dans le fourneau, la même quantité de chaleur y ſera entretenuë ; mais dès que cet air paſſera par une ouverture conſidérablement plus grande, il n'y aura plus à craindre que la flamme attaque ſi vivement les plaques, que certains endroits ſoient trop minés ; elle agira plus également ſur toute l'étenduë de la plaque.

Nous nous ſommes contentés de faire entendre que l'ardeur du feu de nôtre fourneau étoit excitée par un ſouflet, dont nous n'avons encore donné aucunes meſures : un ſouflet double, tels que ſont ceux des Fondeurs ordinaires, eſt tout ce qu'il faut. Celui dont je me ſuis ſervi avoit trois pieds & demi de longueur depuis le bout où il eſt le plus large, juſqu'à la *tetiere* ou tête, c'eſt-à-dire juſqu'à l'endroit où le panneau ſupérieur ſe meut comme au tour d'une charniere. La largeur de ſon panneau ſupérieur, & celle de l'inférieur, étoit de 23. pouces près de la queüe, & de 17. pouces un quart à l'origine de la tête, ou tetiere.

L'action de l'Ouvrier, qui eſt occupé à entretenir ce ſouflet en mouvement, eſt employée à élever le bout le plus large du panneau inférieur. Ce panneau ſe meut au tour de la tetiere, comme au tour d'une charniere, le poids dont il eſt chargé le fait redeſcendre auſſi-tôt que l'Ouvrier ceſſe de le tirer. Nous dirons que le ſouflet a donné un coup entier quand ce panneau a été élevé, &

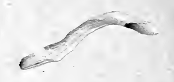


qu'il eſt enſuite retombé par ſon poids dans l'endroit où on l'avoit pris. Un Ouvrier, uniquement occupé à élever ce panneau, peut commodement, en ne faiſant qu'un travail aisé à continuer pluſieurs heures de ſuite, tirer le ſouflet 500. à 600. fois par quart d'heure, & élever à chaque fois le bout du panneau inférieur de quatre pouces; ainſi il fera donner au ſouflet 500. ou 600. coups complets par quart d'heure. Or ſi on entretient ce mouvement réglé du ſouflet, qu'on ne le ſuſpende, que lorſqu'il faut remettre de nouveau charbon, ou faire deſcendre celui qui eſt dans le fourneau, travail dont le même Ouvrier qui tire le ſouflet ſe chargera auſſi, & qui ſervira en quelque ſorte à le délaſſer; & ſi le fer le plus épais du fourneau, n'a qu'environ trois lignes d'épaiſſeur & environ vingt de largeur, ce fer pourra être bien converti en acier en un jour, ou au plus dans un jour & demi, s'il y a déja eu quelques fournées faites les jours précedents. L'opération s'achevera plus lentement la premiere fois qu'on chauffera le fourneau, ou ce qui équivaut à la premiere fois, s'il a été pluſieurs jours ſans feu, qu'il ait été refroidi entierement.

La conſommation du charbon qui ſe fera pendant une fournée ne ſçauroit aller qu'à ſix voyes, ou au plus à ſept, ce dont il ſera néceſſaire de ſe ſouvenir pour calculer dans la ſuite à quoy ſe monteront les frais de la converſion du fer en acier.

Comme il eſt très-aiſé de multiplier les fourneaux de l'eſpéce de celui que nous venons de décrire, leur peu de capacité n'empêchera pas qu'on ne faſſe des manufactures auſſi conſidérables qu'on les ſouhaittera; dès qu'on y aura pluſieurs fourneaux en feu, on fera pluſieurs fois cinq à ſix cent livres d'acier en un ou deux jours; mais ſi on l'aime mieux, on conſtruira ſur le même principe des fourneaux, oú l'on convertira en acier telle quanté de fer qu'on voudra à la fois, & en auſſi peu de temps.

Un même fourneau expédiera à la fois pluſieurs milliers d'acier, ſi on le ſouhaite. Pour cela il n'y a qu'à le bâtir plus long que notre petit, proportionnellement à ce dont on veut augmenter ſa capacité; je dis le faire plus long, car je ne crois pas à propos d'augmenter conſidérablement ſes autres dimenſions. Si on l'élargiſſoit beaucoup, les plaques auroient peine à ſe ſoutenir, à moins qu'on ne les fiſt plus épaiſſes. Nous rapporterons dans la ſuite quelques remarques qui prouveront qu'il ne ſeroit pas non plus avantageux de l'élever beaucoup. Tout ſe réduit donc à multiplier le nombre des creuſets, & le nombre des capacités qui reçoivent le charbon. Que nous voulions, par exemple, faire un fourneau propre à contenir 1250. livres de fer, nous ſuppoſons que le creuſet du milieu du petit fourneau en recevoit 350. livres; nous donnons à nôtre nouveau fourneau la longueur qui lui eſt néceſſaire, pour avoir trois creuſets égaux à celui du



milieu de l'ancien fourneau. Au lieu que l'autre n'avoit qu'un grand creuſet, & les deux creuſets des bouts, celui-ci aura les mêmes creuſets des bouts, & trois grands creuſets*. Et ces creuſets ſeront ſéparés les uns des autres par les capacités deſtinées à recevoir le charbon*, qui ici ſeront égales à celles du court fourneau. Chaque capacité à charbon aura ſes deux Tuyeres. Or dès-que la même quantité de vent, qui paſſe par chacune des Tuyeres du court fourneau, paſſera par chacune de celles du long fourneau, la conſtruction des deux fourneaux étant préciſément la même, il eſt certain que les effets ſeront auſſi les mêmes. Il ne reſte donc qu'à donner à chaque fourneau la quantité du vent qu'il demande proportionnellement à ſa grandeur; nous calculerons dans l'inſtant quelle doit être cette quantité & nous verrons qu'il ne ſera pas mal-aiſé de trouver des ſouflets qui la fourniſſent.

*Pl. 5. fig. 3. F, H, G.

*LL.

On pourroit croire qu'il vaudroit autant multiplier le nombre des petits fourneaux, que d'en faire un qui en égalaſt pluſieurs en longueur; ſi cependant on y regarde de près, on reconnoîtra que le long fourneau a des avantages réels ſur pluſieurs petits qui lui ſeroient égaux. On a vû qu'il s'en faut que les creuſets des bouts ne ſoient chauffés avec autant de ſuccés que ceux du milieu; en multipliant les fourneaux, on multiplie ces creuſets des bouts. Un homme ſeul veillera mieux à un grand qu'à pluſieurs petits. La chaleur

ſera plus vive dans le grand fourneau; car le creuſet du milieu du court fourneau doit ſe reſſentir du voiſinage des creuſets des bouts. De ſorte que je ne doute point qu'on ne puiſſe donner plus de capacité aux creuſets du milieu du long fourneau, que n'en a le creuſet du milieu du petit fourneau, ſans augmenter les eſpaces deſtinés à recevoir le charbon.

Dès qu'on le fera plus long, on ſera dans la néceſſité d'augmenter le nombre des couvercles, c'eſt à quoy il n'y a nul inconvenient. Il n'eſt pas néceſſaire d'avertir comment ces couvercles doivent être eſpacés; où ſe doivent trouver les trous qui laiſſeront tomber le charbon; leur uſage, & ce que nous en avons dit ci-devant, l'apprennent aſsés.

Au lieu de la force d'hommes on peut, & même on doit avoir recours à celle de l'eau pour faire agir le ſouflet, ou les ſouflets des longs fourneaux que nous propoſons, ſi on les bâtit dans des pays où on ait des courants d'eau. Rien n'oblige auſſi de ſe ſervir de ſouflets doubles; les ſouflets ſimples & purement de bois, pareils à ceux des fourneaux où l'on fond la mine de fer, y ſeront employés utilement. Le vent, que ces ſouflets pouſſeront dans un tuyau commun * ſera enſuite diſtribuée en divers tuyaux plus petits *, qui le conduiront au-deſſous des capacités où ſont les Tuyeres qui lui donnent entrée dans le fourneau; la diſtribution du vent s'en fera plus également qu'elle ne ſe feroit,

* Pl. 5. fig. 3. A.

* B, C, D, E.

ſi un ſeul tuyau le conduiſoit dans un ſeul endroit du cendrier. Je voudrois même que chaque tuyau de ſubdiviſion fût quarré, & qu'il eût un modérateur, je donne ce nom à une petite piece propre à diminuer le cours du vent. Avec ce modérateur, on retrancheroit à ſon gré du vent, qui eſt conduit entre les creuſets, ſelon qu'on verroit qu'un creuſet chaufferoit plus que les autres, ou même qu'une des plaques d'un creuſet chaufferoit plus que l'autre, on empêcheroit qu'il ne paſsât autant d'air par les Tuyeres de ces plaques. Ce modérateur ne ſeroit qu'une ſimple piece de bois platte, recouverte de peau de Chamois; chaque tuyau ſeroit percé d'un trou qui recevroit exactement cette piece.

Cette piece, enfoncée autant qu'elle le pouroit être, boucheroit tout entrée au vent; & le vent auroit un cours d'autant plus libre, ou ce qui eſt la même choſe paſſeroit en plus grande quantité par un tuyau que par les autres, à proportion que le modérateur ſeroit plus tiré.

Les faits rapportés ci deſſus nous mettent en état de calculer aſsés préciſément la quantité de vent qui doit être fournie par les ſouflets pour un fourneau de grandeur quelconque; & ſi on a des ſouflets en place, comme on en a dans les forges, ou fourneaux de fer, on pourra juger de la grandeur des fourneaux à acier auſquels ces ſouflets peuvent ſuffire. Le calcul en eſt ſimple, pour ceux qui ont la plus legere teinture de Geometrie;

nous allons en donner des exemples. Ceux qui ne peuvent pas ſuivre ces calculs, tous faciles qu'ils ſont, s'en tiendront à leurs réſultats pour juger de la grandeur que doivent avoir leurs ſouflets, & auſſi de la viteſſe de leur mouvement.

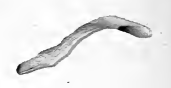
Je prens d'abord un ſouflet ſimple, tel que ceux des fourneaux ou forges à fer; ils ſont composés de deux caiſſes de bois, ſans cuir, il n'en entre que dans leurs ſouſpapes. Je ne m'arrêterai pas à ce que la conſtruction de ces ſouflets, ſi ſimples en apparence à d'ingenieux, nous les décrirons ailleurs fort au long; ſans même nous embaraſſer de leurs meſures préciſes, qui nous ſeroient inutiles à préſent, je ſuppoſe que la fig. 10. pl. 3. eſt la table, le panneau, ou le deſſus de la caiſſe ſupérieure d'un de ces ſouflets, & que la fig. 11. eſt un profil, une coupe des deux caiſſes. E L, I H, eſt la caiſſe inférieure; E F G, eſt la caiſſe ſupérieure abaiſſée, & E K F eſt la même élevée. Conſidérons la d'abord dans ce dernier état; le volume d'air qui ſera chaſsé du ſouflet quand E K deſcendra juſqu'en E F, ſera égal à une eſpece de coing compris entre deux plans paralleles entre eux & à peu près égaux à B B C C, dont l'un paſſeroit par E F, & l'autre par E K. Je ſçai, & j'en expliquerai la raiſon dans un autre ouvrage, que la baſe de ce coing eſt circulaire, cela paroît même ici par la coupe; je ne laiſſerai pas cependant de la regarder comme plane; une plus grande préciſion ſeroit inutile pour le calcul dont nous avons beſoin à préſent. Pour meſurer la quantité d'air chaſſée

sée à chaque coup de ſouflet, il y n'y a donc qu'à meſurer la ſolidité de ce coing. Si nous nommons l la longueur B D du ſouflet, e la largeur B B, priſe à la tetiere; & a, DC, la moitié de la différence qui eſt entre la largeur du ſouflet à la tetiere, & de la largeur du ſouflet près de la queüe, ou ce qui eſt la même choſe que $e + 2a$ ſoit l'expreſſion de la plus grande largeur, C C, de la table ſupérieure ; h la ligne K F, tirée du milieu de la table ſupérieure au milieu de la table inférieure, dans le temps que la table ſupérieure eſt autant élevée qu'on l'éleve à chaque coup ; en un mot, h eſt la meſure du plus grand écartement de la table ſupérieure. Ces noms donnés, quelles que ſoient les dimenſions du ſouflet, on aura pour expreſſion générale du volume d'air chaſsé à chaque coup, ou de notre eſpece de coing $\frac{eh}{2} \times \sqrt{ll - \frac{1}{4}hh} + \frac{2}{3}ah \times \sqrt{ll - \frac{1}{4}hh}$. comme il eſt facile de le trouver.

Cette formule ſervira pour le ſouflet double, comme pour le ſouflet ſimple, a cela près que dans le ſouflet double h meſure l'écartement de la table inférieure du ſouflet, d'avec la table du milieu, & non d'avec la table ſupérieure. Le ſouflet double chaſſe l'air pendant qu'il s'enfle, & pendant qu'il s'abaiſſe, mais la quantité d'air chaſſée en ces deux temps eſt toujours égale à ce qui s'en eſt introduit, pendant que la table inférieure eſt deſcenduë. Nous pouvons donc par cette même formule meſurer la quantité d'air que pouſſe, à chaque coup complet, le ſouflet que nous

avons employé ci-devant, & dont nous avons donné les meſures. Ce qui ſeul feroit du changement à la formule, c'eſt qu'elle a été priſe pour des ſouflets de bois, qui ſont des caiſſes dont les parois des côtés & du bout ſont preſque plattes ; au lieu que notre ſouflet double, & de cuir, a pour parois des plis qui ne ſont jamais entiérement ouverts, lorſque le ſouflet eſt ouvert. On pourroit calculer de combien ces plis diminuent ſon volume, mais l'exactitude de ce calcul n'eſt pas fort néceſſaire. Le temps, employé pour être exact inutilement, eſt un temps perdu. Nous ſuppléerons encore par une eſtime aſsés approchée à ce qu'il faut retrancher pour les plis.

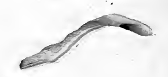
Subſtituons donc dans notre formule les dimenſions de ce ſouflet que nous avons données. Nous avons dit ci-devant que ſa longueur eſt de trois pieds & demi, par conſéquent l, feroit, $= 42$. pouces ; mais les plis forment au bout du ſouflet des triangles iſocelles ; la hauteur de ces triangles, où la profondeur des plis eſt de quatre pouces ; & comme le plein des plis eſt à peu-près égal au vuide, il s'en ſuit qu'en diminuant notre longueur de deux pouces, nous la réduiſons à celle qu'auroit un ſouflet de pareille capacité, mais ſans plis, ainſi l, devient, $= 40$ pouces. La largeur du ſouflet à la teтiere, e, a été trouvée de 17 pouces $\frac{1}{4}$, mais à cauſe de ce qu'il en faut retrancher pour les plis qui ſont de part & d'autre, mais moins profonds que vers le bout du ſouflet,



nous la pouvons estimer à 15 pouces ; ainsi $e = 15$ pouces ; la largeur du soufflet près du bout, $e + 2a$, seroit de 23 pouces, mais comme les plis, qui se trouvent encore de part & d'autre, sont aussi profonds que ceux du bout, il faut en retrancher 4 pouces. Par conséquent $e + 2a = 19$ pouces, donc $a = 2$ pouces. Nous avons aussi déterminé à quatre pouces le chemin que le panneau inférieur parcourt en descendant, ainsi $h = 4$ pouces. Nous avons donc $l = 40$ pouces, $e = 15$ pouces, $e + 2a = 19$ pouces, $a = 2$ pouces, $h = 4$ pouces ; $\sqrt{ll - \frac{1}{4}hh}$ se trouvera encore sensiblement $= 40$ pouces, elle ne differe pas d'l d'une unité, mettant donc ces valeurs dans la formule $\frac{eh}{2} \times \sqrt{ll - \frac{1}{4}hh} + \frac{2}{3} ah \times \sqrt{ll - \frac{1}{4}hh}$. Toutes les substitutions & réductions étant faites, on aura $1213\frac{1}{3}$ pouces cubiques, pour la quantité d'air chassée à chaque coup complet ; qu'on néglige la fraction, & qu'on multiplie cette quantité par 500, ou 600 qui est le nombre de fois qu'un Ouvrier peut tirer commodement le souflet par quart d'heure, & on aura en entier la quantité d'air que notre souflet pousse à chaque quart d'heure. Le nombre de 500, ou celui de 600 que nous laissons indécis, montrent assés que nous avons été exacts de reste dans les autres calculs. Prenons pourtant un terme moyen, 550, la quantité d'air poussée par quart d'heure sera alors de 667150. pouces cubes.

Si on veut à present construire un fourneau pareil à celui de la fig. 3. pl. 5. qui ait quatre foyers,

au lieu que celui pour lequel nous avons fait le calcul précedent n'en avoit que deux, il suffira qu'une quantité d'air double y soit introduite, & cette quantité d'air double entretiendra un feu qui convertira en acier plus du double du fer dans le même temps, pour les considérations qu'on peut se rappeller. En un mot, si on triple, quadruple, &c. la quantité d'air introduite par chaque quart d'heure, on pourra plus que tripler, & quadrupler la quantité du fer, ou la capacité du fourneau propre à la convertir en acier. Or il est aisé de voir que les souflets mus par l'eau, tels qu'on en a à present, fourniront à des fourneaux aussi grands qu'on les voudra. Les souflets des petites forges, où l'on affine les fontes pour les rendre forgeables, donneroient seuls asés d'air à des fourneaux qui contiendroient plus de six milliers de fer à la fois. Prenons pour exemple une de ces petites forges qui est à Imphy dans le Nivernois. Gens, sur l'exactitude de qui je puis me fier, m'ont assuré que chaque souflet simple de cette forge donne 206 coups par quart d'heure, je les avois prié d'observer cela exactement; les deux souflets ensemble, donnent donc 412 coups. La longueur de chacun de ces souflets où l est de sept pieds & demi, où $l = 90$ pouces; l'élevation du panneau superieur y est à chaque coup de 14 pouces, $h = 14$ pouces; $\sqrt{ll - \frac{1}{4}hh}$ approche plus de 90 que de 89. prenons la pourtant $= 89$, & cela au désavantage de nôtre calcul; la largeur de ces souflets près de la tetiere, où e est $= 14$ pouces, & la largeur du



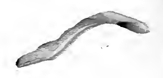
soufflet à l'autre bout, où $e + 2a$ est $= 42$ pouces, donc $a = 14$ pouces. Ces valeurs substituées dans le formule $\frac{e\ h}{} \times \sqrt{ll - \frac{1}{4}bb} + \frac{2}{3}ab \times \sqrt{ll - \frac{1}{4}bb}$ donneront 20151 $\frac{1}{3}$ pouces cubes pour le volume d'air poussé par chaque coup de soufflet. Cette quantité multipliée par 412, nombre des coups donnés par quart d'heure, on aura pour somme de la quantité d'air fournie par nos deux soufflets pendant ce temps 8302349 $\frac{1}{3}$ pouces cubes. Si on la compare à present avec la quantité d'air poussée par notre soufflet double pendant le même temps, que nous avons trouvée ci-dessus de 667150 pouces cubes, on verra qu'elle est avec elle dans un plus grand rapport que celui de 12 à 1, donc nos deux derniers soufflets fournissent plus de 12 fois autant d'air pendant le même temps, que ne fait le soufflet double de notre court fourneau, ils donneroient donc plus d'air qu'il n'en faudroit à un fourneau qui contiendroit six à sept milliers de fer.

Mais ces derniers soufflets ne sont encore que de petits soufflets ; ceux dont on se sert pour fondre la mine, sont bien autrement grands. Quelque capacité qu'on eût envie de donner aux fourneaux à acier, de pareils soufflets donneroient certainement le vent dont on auroit besoin. Un seul de ces soufflets pousse à chaque coup 98280 pouces cubes d'air. Et dans un temps où ils alloient lentement, j'ai compté qu'ils en donnoient 120 chacun par quart d'heure, où les deux ensemble 240. On aura donc 23587200 pouces cubes d'air four-

nis par ces souflets, pendant le temps que notre souflet double n'en a fourni que 667150. ainsi nos deux souflets donnent dans le même temps plus de 35 fois autant d'air, & par conséquent suffiroient à des fourneaux qui contiendroient plus de 18, à 20 milliers de fer à la fois; or il n'y a guére d'apparence qu'on veüille étendre jusque-là la grandeur de ces sortes de fourneaux.

Les Maîtres de forge, qui peuvent ne se guére embarrasser de faire de pareils calculs, peuvent au moins en tirer pour résultat que les souflets de leurs chauferies, ou affineries donneront tout le vent nécessaire à des fourneaux à acier, qui renfermeront cinq à six milliers de fer; & que les souflets des grands fourneaux où ils fondent la mine, les souflets de bois qui ont 13 à 14 pieds de longueur, donneront plus de vent qu'il n'en est besoin pour des fourneaux qui contiendront 18 à 20 milliers d'acier. D'ailleurs ils sçavent qu'ils pourront retrancher de cette quantité de vent, ce qu'ils trouveront en avoir de trop; mais laissons ces calculs pour passer à des réflexions sur la construction de notre fourneau & sur celle de quelques autres.

Ce qu'on doit avoir premierement en vûë dans la construction d'un fourneau, c'est que la chaleur y soit employée le plus avantageusement qu'il est possible; que l'action du feu y tombe le moins qu'il est possible en pure perte; & c'est cependant ce qu'on ne trouve guére dans la plûpart des four-



neaux en uſage. Je n'examine point, par exemple, ſi ceux des Fondeurs de cuivre, ſi ceux des Verreries pourroient avoir des figures plus favorables, que celles qu'ils ont; mais je vois que la plus grande partie de la chaleur de ces fourneaux n'eſt pas employée à produire l'effet qu'on ſouhaite. La regle générale pour meſurer la quantité de la chaleur qui agit utilement, c'eſt de prendre la ſomme de toutes les ſurfaces ſur leſquelles elle agit, & de voir quelle portion de cette ſurface totale eſt celle qu'on a eû en vûë de chauffer en conſtruiſant le fourneau. On peut appliquer cette regle, à un de nos exemples; ſi dans le fourneau du Fondeur des menus ouvrages *, je prens la ſomme de toutes les ſurfaces chauffées, j'aurai à prendre les ſurfaces des parois intérieures, la ſurface du fond, celle du couvercle du fourneau, & la ſurface du creuſet; c'eſt la ſurface ſeule de ce creuſet qu'on a en vûë de chauffer; & pour remplir cette vûë, la conſtruction du fourneau met dans la neceſſité de chauffer des ſurfaces, dont elle n'eſt viſiblement qu'une petite partie. Il ne faut point de calcul pour le reconnoître, il ſuffit de ſe ſouvenir, que le creuſet eſt ici iſolé. De même dans les fours de Verrerie, les pots qui contiennent le verre en fuſion ont une très-petite ſurface en comparaiſon de celle de la capacité conſidérable du fourneau.

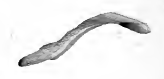
* Pl. 2.

Qu'on applique la même regle à notre fourneau à acier, on verra avec combien d'avantage le feu y agit; ſi on excepte le couvercle, une fort peti-

re partie du fond, & les pilaſtres qui ſéparent les creuſets, tout ce qui eſt chauffé demande à l'être. Il n'y a preſque point ici de parois ſur leſquelles l'action du feu tombe en perte; il y a même des cas où l'on peut employer avec profit la chaleur qui agit ſur les pilaſtres; nous en parlerons ailleurs: car l'uſage de ce fourneau ne ſera pas borné à la ſeule converſion du fer en acier.

Outre la matiere combuſtible qui eſt conſumée inutilement pour chauffer les parois, il y a encore dans la plûpart des fourneaux une autre conſommation inutile de cette matiere à laquelle nous ferons prendre garde d'autant plus volontiers, qu'on apprendra en même temps, qu'on doit peu s'écarter des proportions que nous avons données pour le notre. Si on écartoit les creuſets l'un de l'autre beaucoup plus que nous ne l'avons fait, qu'on laiſsât entre eux une plus grande place pour le charbon, on pourroit croire qu'on augmenteroit l'ardeur du fourneau. L'augmentation ſeroit dans la conſommation du charbon, & point du tout dans l'effet produit. Qu'on donne à ces capacités le double de l'étenduë que nous leur avons donnée, ſi on n'augmente pas la quantité du vent, la force qui agira pour faire enflammer le charbon, ne ſera que la moitié de ce qu'elle étoit; de ſorte que ſi l'ardeur, ſi l'activité du charbon étoit abſolument proportionnelle au degré de force qui tend à l'animer, chaque parcelle de charbon, chaque endroit embraſé auroit la moitié moins

d'activité



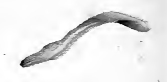
d'activité, il y auroit le double de matiere enflammée, mais d'une matiere la moitié moins active.

Suivons ce raiſonnement plus loin, que *aa* & *bb*, pl. 4. ſoient les coupes de deux creuſets égaux; qu'entre *aa* il y ait une colomne de feu la moitié moins large que la colomne qui eſt entre *bb*; mais que le feu de la colomne *aa* ait plus d'activité. Les creuſets *aa* chaufferont plus que les creuſets *bb*, la largeur de la colomne ne fait rien, l'effet dépend de l'activité des parties qui agiſſent contre les parois *aa* & *bb*. Nous pourrions, en augmentant le vent, augmenter l'activité de la colomne *bb*, & lui faire produire autant d'effet qu'à la colomne *aa*; mais alors nous augmenterions la conſommation d'une matiere que nous euſſions pû épargner en rapprochant les parois *bb*.

La plûpart des fourneaux, tels que ſont ceux des Verriers, Potiers, Fayanciers, & les fours ou fourneaux de reverbere, qui, comme ceux-ci ſont chauffés avec le bois, ont beſoin d'une groſſe colomne de feu; mais c'eſt que cette colomne, après s'être élevée, doit ſe diviſer pour fournir à la vaſte capacité de ces fourneaux. Pour échauffer leurs parois, & leurs voûtes, il faut que tout l'air ou le vuide renfermé dans leur capacité, ait au moins le même degré de chaleur que les parois & les creuſets du fourneau doivent avoir; & c'eſt l'employ de cette chaleur, deſtinée à chauffer ces grands vuides, qui eſt encore fait en pure perte dans ces

sortes de fourneaux, & qui n'a presque point de lieu dans le nôtre.

Nous avons encore à rendre raison pourquoi, nous avons plûtôt allongé qu'élevé ce fourneau, quand nous avons songé à augmenter sa capacité; pourquoi nous n'avons pas crû lui devoir donner en hauteur une grande partie de ce que nous lui avons donné en longueur. Il sembleroit même qu'un fourneau une fois plus haut qu'un autre, ne demanderoit que la même quantité de vent; car l'air qui entre par le bas du fourneau sort par le haut, ainsi la même quantité d'air agit dans toute la hauteur du fourneau, quelque soit le fourneau. Mais ce qu'il faut remarquer, c'est que cet air n'agit pas par tout avec la même force, & nous avons eu en vûë que notre fourneau fût échauffé à différentes hauteurs, le moins inégalement qu'il seroit possible. Le grand effet de l'air est dans le premier instant qu'il entre dans le fourneau; il agit avec percussion contre les premiers charbons qu'il rencontre; il a encore alors toute la vitesse qu'il a reçuë de la pression du souflet. Cette premiere vitesse étant amortie par les premiers obstacles qu'il a rencontré, il ne s'éleve plus que par sa legereté, & parce que de nouvel air tend à prendre sa place. Une autre remarque qui pourroit plûtôt échapper que la précedente, c'est que quand l'air arrive aux trous du fourneau, il est froid, il est condensé; entré dans le fourneau il s'échauffe, il se dilate: il y a une hauteur à laquelle il a ac-



quis toute la chaleur, & toute la dilatation que l'ardeur du fourneau lui peut donner ; or par delà cette hauteur, où l'air s'est autant dilaté qu'il le peut être, il agit moins fortement qu'il n'agissoit auparavant, quoyqu'il ait plus de volume. Cela me paroît appuyé sur l'observation la plus commune ; sçavoir que l'air agit avec d'autant plus de succés contre le feu, qu'il est poussé avec plus de force, comme nos souflets même nous le montrent continuellement. Quand l'air vient d'être introduit dans le fourneau, il se dilate & d'autant plus viste que le fourneau est plus chaud. Cette dilatation se doit faire assés subitement, à peu près comme un ressort se débande. Or dans cet instant il n'agit pas seulement de bas en haut en s'élevant, il agit en tous sens, contre les charbons qui se trouvent de tous côtés, même contre les inférieurs. Cette action étant très-subite, je conçois qu'elle doit faire beaucoup d'impression sur les charbons, elle ressemble en quelque sorte à celle du même air poussé par le souflet. Dans l'instant suivant, c'est-à-dire, quand l'air s'est à peu-près autant dilaté qu'il peut l'être, il s'éleve avec vitesse, parce qu'il est rare ; mais il n'a plus cette sorte d'impétuosité que lui donne l'instant où se fait sa dilatation ; il n'agit précisément que contre les charbons qui l'empêchent de s'élever. Il en sera donc ici en quelque sorte de la hauteur du fourneau, comme de la longueur du canon ; si le canon étoit beaucoup plus long que ne le

demande le temps néceſſaire pour l'inflammation de la poudre, la force de la poudre iroit en diminuant depuis l'endroit où elle auroit été entierement enflammée ; & la force de notre air doit aller en diminuant depuis l'endroit où il a été entierement dilaté.

Les grands fourneaux où l'on fond la mine de fer nous confirment ces remarques. La chaleur la plus conſidérable y eſt au-deſſus de la Tuyere, & ne va pas à un pied, ou au plus à deux pieds plus haut ; dans les douze à quinze pieds de hauteur qui reſtent à ce fourneau, la chaleur va toujours en diminuant, quoyque ces ſortes de fourneaux ſe rétreciſſent à meſure qu'ils s'élevent, & que l'air ſe trouve beaucoup plus reſſerré vers le haut que vers le bas.

Auſſi, quand j'ai voulu augmenter conſidérablement la hauteur de nos fourneaux à acier, n'y ai-je pas trouvé mon compte. Cependant ſi on veut remplir le haut des creuſets de fer mince, on peut tenir ces fourneaux plus hauts. Si même on aime mieux faire allumer le charbon en dedans le fourneau, que deſſus ſon couvercle, on augmentera ſa hauteur de ce qu'il faut pour contenir le charbon noir.

Les plaques qui forment nos creuſets, ſont encore un grand moyen de mettre la chaleur à profit, ſi on peut les faire de terre excellente, qui permette de les tenir minces. Mais ſi les bonnes terres manquent, alors on leur donnera plus d'é-

paisseur. Dans ce cas on pourroit même au lieu de plaques construire des murs de petites briques, qui n'eussent de largeur que l'épaisseur des briques ordinaires.

Mais enfin si on ne s'embarrasse pas de finir l'opération aussi promptement qu'on le pourroit, & qu'on veüille préferer à cet avantage celui de n'avoir point l'embarras de faire des plaques de terre, qui demandent bien des attentions, on pourra employer des plaques de fonte de fer. Nous avons rejetté cette matiere dans un autre endroit de ce memoire; mais ç'a été seulement en supposant qu'on voudroit donner au fourneau toute l'ardeur que les souflets lui peuvent donner. On fera faire ces plaques d'autant plus minces, qu'on voudra chauffer le fourneau plus vivement; mais toûjours les faudra-t-il tenir plus épaisses, que les plaques de terre, si on fait usage des souflets. Elles se voilent au moins autant que celles de terre. Après une fournée, si elles sont très-voilées, il faudra les retourner pour la fournée suivante, mettre en dedans du creuset la surface qui étoit en dehors.

L'air qui entre librement dans le fourneau peut tenir lieu de souflets, mais foibles. Si on ne veut se servir que de cet air, on lui procurera une plus libre entrée en agrandissant considérablement les ouvertures que nous avons faites au cendrier pour d'autres usages.

En faisant quelques legers changements à notre fourneau, on le rendra propre à être chauffé

avec du bois, & ſans ſouflets ; il le faut tel pour ſervir à l'adouciſſement des ouvrages de fer fondu, dont nous parlerons dans la ſuite ; & il peut auſſi être employé à la converſion du fer en acier, qui s'y fera plus lentement, mais avec moins d'embarras. On aura même alors la commodité de pouvoir ſe ſervir de plaques de fonte de fer auſſi minces que les plaques de terre, & qui ne laiſſeront pas de durer long-temps.

Pour mettre ce fourneau en état d'être chauffé avec le bois, on lui fera au moins une ouverture au bas de chacune des capacités qui contiennent le feu ; leſquelles ouvertures ſeront tenuës aſsés grandes pour ſervir de portes par où on fera entrer le bois*. Elles n'ont pas beſoin pourtant d'être bien grandes, car je ne conſeille point d'augmenter l'eſpace qui ſépare les creuſets. On les chauffera à merveille en ne brûlant que des buches groſſes, comme les plus gros bâtons de fagots ; on refendra les groſſes buches, ſi on n'a pas de petit bois ; mais on agrandira les ouvertures L L, & même de façon que les deux réunies n'en forment plus qu'une qui aille juſqu'au bas du cendrier.

* Pl. 4. II.

Dés qu'il n'y aura plus de ſouflet au fourneau, il ne lui faudra plus de Tuyeres. Le fond de l'eſpace qui eſt entre deux creuſets ſera à jour ; il y aura tout du long une ouverture de deux pouces de large ; on peut même la faire plus large, ſi l'on veut mettre au milieu en long un barreau de fer, pour tenir lieu de grille; ou, ſi l'on veut, mettre di-



vers petits barreaux en travers qui formeront mieux la grille, comme il paroît, pl. 5, fig. 5. en Y. Ce barreau, ou ces barreaux de fer, ou ce qui est la même chose, le mur qui borde cette longue ouverture, seront placés quatre pouces au dessous du fond du creuset, afin que le bois soit un peu plus bas que le fer renfermé dans les creusets.

Quoyque le veritable foyer soit là, il n'y aura nul inconvenient à mettre quelques fois des morceaux de bois minces de bout, ou presque de bout entre les plaques, & cela est même à propos jusqu'à ce que le fourneau soit bien échauffé. Mais qu'on évite, comme nous l'avons recommandé pour le charbon, de mettre trop de bois à la fois.

Le fond du fourneau, c'est-à-dire, les fonds des creusets & ce qui est par de-là, sera bâti de bonnes briques qui résistent au feu. Il n'est pas nécessaire d'avertir que ces fonds doivent être plats; mais si on ne veut pas les soûtenir par des barres de fer, rien n'empêche qu'ils ne soient ceintrés en voute du côté du cendrier.

Dès qu'on ne se souciera pas de finir promptement la conversion du fer en acier, qu'on aimera autant faire dans une seule fournée & en plusieurs jours ce qu'on auroit pû faire en différentes fournées, pendant à peu près le même nombre de jours, on pourra agrandir à volonté les capacités des creusets *, alors au lieu d'arranger les barres de tous les lits parallelement les unes sur

* Pl. 5. fig. 4. & 5.

les autres, on les arrangera de façon que les barres d'un lit croiſeront celles des deux lits, entre leſquelles elles ſont renfermées ; les barres d'un des lits ſeront en long, & celle du lit ſuivant en travers.

Nous nous ſommes très-étendus ſur tout ce qui a rapport à la conſtruction de nos fourneaux ; l'importance de la matiere le demandoit. Nous ſommes pourtant perſuadés que bien des choſes nous ont échappé, ſoit parce que nous ne les avions pas preſentes en écrivant, ſoit parce que nous n'y avions jamais penſé. Nous ne ſommes pas moins convaincus, que des experiences réiterées apprendront bien des additions & des changements utiles, qu'on pourra faire à ces fourneaux. Ce que nous en avons rapporté, nous paroît cependant ſuffiſant pour conduire dans la pratique, & pour mettre en état de mieux faire que nous ne l'avons enſeigné ; l'eſſentiel de la conſtruction eſt de diſpoſer les creuſets comme nous l'avons fait, tant afin que la chaleur ſoit employée avantageuſement, que pour être en état de voir ce qui ſe paſſe en chaque creuſet. Au reſte ſi on ne s'embarraſſoit pas autant de menager le bois, le charbon, & le temps que nous avons cherché à le faire, on pourroit ſe ſervir de fourneaux de toute autre figure.

Explication de la troisiéme planche.

ELLE *représente un plan, un profil, & plusieurs élevations du fourneau à acier.*

La fig. 1. *est un plan de ce fourneau.*

La fig. 2. *est profil pris sur la ligne a b. du plan.*

La fig. 3. *est une élevation, ou une vûë en perspective de ce fourneau prise parallelement à la ligne a b. du plan, une partie du fourneau a été emportée, afin qu'on pût faire voir l'intérieur des creusets, & la disposition des endroits où se jette le charbon.*

La fig. 4. *est encore une vûë en perspective d'une coupe pareille à la précedente. Mais dans celle-ci les creusets sont remplis de barres de fer & de composition.*

La fig. 5. *est une coupe en perspective du même fourneau prise sur la ligne d c. Le grand creuset par lequel passe cette coupe est rempli de barres de fer, & de composition. Ces barres paroissent dans cette figure selon leur longueur, au lieu que dans la figure précedente, on les voit par les bouts.*

Comme on a eu attention de marquer dans ces figures les parties semblables par les mêmes lettres, on les expliquera toutes en même temps.

A, c, b, d. fig. 1. *est le massif du fourneau pris vers le rez de chaussée. Quand on donnera au mur plus d'épaisseur qu'il n'en a ici, le fourneau ne sera que plus solide.*

ee, ff. Fig. 1. *est le plan du vuide de l'intérieur du fourneau.*

gg, hh, ii, kk. Fig. 1, 2, 3, 4, 5. *marquent les coulisses dans lesquelles entrent les plaques.*

l, l. Fig. 1, 2, 3, 4, 5. *sont les deux plaques des bouts.*

mm. Les plaques du milieu.

nn, fig. 1, 2, 3 & 4, *sont les Tuyeres.*

oo, fig. 1. *est le plan d'une Tuyere d'une autre sorte qui équivaut à plusieurs, & qui peut-être leur pourra être substituée avec avantage. Quoiqu'il y ait dans ce plan deux sortes de Tuyeres, on n'en mettra que d'une sorte, dans chaque fourneau.*

p, p, p, p, fig. 1. *sont les ouvertures par où on fait entrer un Ringard crochu pour déboucher les Tuyeres quand il en est besoin.*

pp, fig. 2. *sont d'autres ouvertures plus élevées que les précedentes. On peut agrandir celles-ci, & les faire descendre jusqu'à la hauteur d'où sortent les Tuyeres, alors elles serviront à tirer le verre, & tout ce qui se sera assemblé au fond du fourneau; on les bouchera avec une porte.*

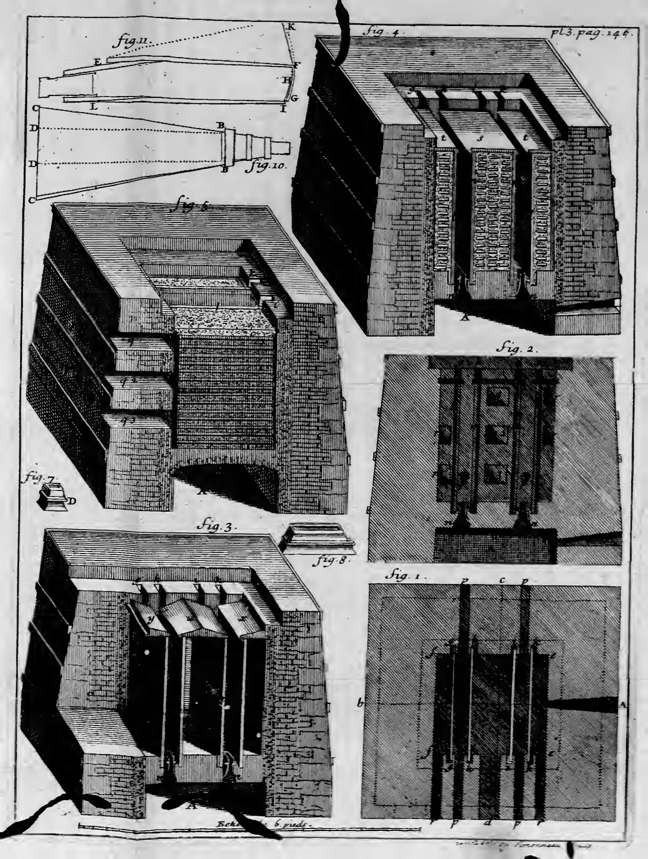
q, q2, q3; fig. 1, 2 & 5, *sont les ouvertures par où on peut tirer des essais du creuset du milieu.*

rr, fig. 1, 2 & 3, *sont les ouvertures par où on peut tirer des essais des creusets des côtés.*

s, fig. 4. *Le couvercle du creuset du milieu. tt. Couvercles des creusets des côtés.*

u, fig. 3. *Couvercle du creuset du milieu d'une forme propre à laisser tomber les charbons. x Couvercle d'un des creusets des petits côtés, qui a la même proprieté. y, un pa-*




pl.3. pag. 146.
fig. 11.
fig. 10.
fig. 4.
fig. 5.
fig. 2.
fig. 7.
fig. 3.
fig. 8.
fig. 1.
6 pieds.

reil couvercle ; le mur dans lequel il doit entrer à été emporté.

A, fig. 2, 3, 4 & 5. Le cendrier. A. le conduit par où le vent du souflet entre dessous le fourneau, ou dans le cendrier.

Fig. 7. Une Tuyere ordinaire representée sur une plus grande échelle que le reste. D. rebord qui sert à l'arrêter dans la maçonnerie.

Fig. 8. Tuyere oblongue, vue par dessus.

Fig. 10. & fig 11. sont une coupe, & un plan d'un souflet simple, qui n'ont nul raport à l'échelle, & qui n'ont été mises que pour aider à entendre les calculs de la pag. 129. & des suivantes.



Explication de la quatriéme planche.

A, B, C, D, E, F, G, &c. Est le fourneau repré-ſenté en entier, en perſpective meſurable.

A le creuſet du milieu. A. marque auſſi l'entaille dans laquelle peut entrer le bout du couvercle de ce creuſet.

B, B. Les creuſets des côtés.

C, C. Les foyers, ou capautes qui reçoivent le charbon.

D, E, E, D. Les couliſſes dans leſquelles entrent les plaques, qui compoſent les creuſets.

F, F 2, F 3. Les fenêtres ou ouvertures, par leſquelles on peut voir ce qui ſe paſſe dans le creuſet du milieu.

G, G, H, H. Pareilles ouvertures pour les creuſets des côtés.

I, I. Petites portes par où on peut faire entrer des inſtruments dans les foyers.

K, K, K, K. Liens du fourneau. Plus ils ſeront forts, & meilleurs ils ſeront.

L, L. Ouvertures par où on fait entrer un Ringard, pour déboucher les Tuyeres.

M. Le porte-vent du ſouflet.

N. Le même vû ſéparement.

O P Q. Differents bouchons des ouvertures F, G, H.

R. Le bouchon d'un de ces bouchons.

S, T. Bouchons qui ont eux-mêmes leurs bouchons.

V X. Un de ces bouchons qui a été ouvert.

Y. Bas de la planche, Bouchon d'une des ouvertures L.

Z. *Couvercle du creuset A, vû par dessus.*

Z 2. *Le même couvercle vû retourné.*

d, e. Couvercle d'un petit creuset vû par dessus, & par dessous.

f. Clef pour serrer les écroues des liens.

g. Une de ces écroues.

h. Une des pieces d'un lien assemblée avec un bout d'une autre piece par une écroue.

k i. Pieces des liens, qui ont des ouvertures en i & k, pour recevoir les vis qui sont aux bouts des autres pieces.

l, m, n, sont trois couvercles, dont le dessus à une pente qui donne la facilité au charbon de tomber entre les plaques.

o, p, q, r, s, t. Le grand couvercle du fourneau.

o, q. Ses liens.

o, p, marquent aussi deux tourillons par lesquels on le suspend.

r. Trou par lequel on fait sortir le charbon.

s. Trous qui servent de registres.

t, u. Trous par lesquels on introduit des verges de fer pour faire descendre le charbon.

x, z z z z, y. Un des liens du couvercle vû séparement. z z z z, les tourillons. y, piece qui tient au tourillon, & prend le couvercle par dessous.

5. *Le couvercle retourné sans dessus dessous.*

6. *Double anse avec laquelle on éleve le couvercle.*

7. *Le bouchon du couvercle garni de tous ses petits bouchons.*

8. *Le même à qui les bouchons ont été ôtés.*

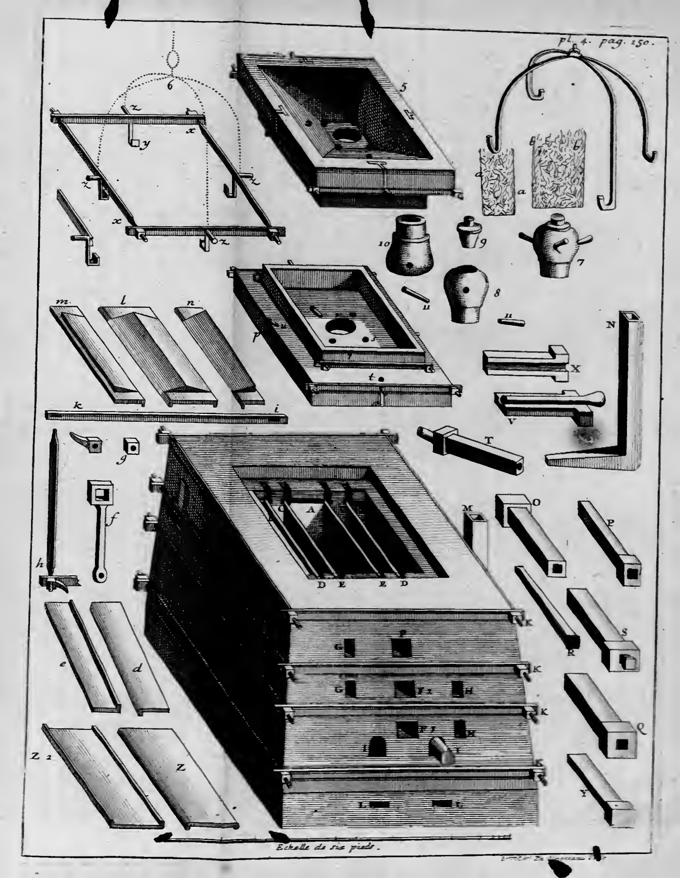
9. *Gros bouchon du bouchon.*

10. *Le gros bouchon retourné.*

11. *Les petits bouchons du bouchon.*

a a, b b, sont deux figures qui n'ont d'usage, que pour faire entendre les remarques de la pag. 137.




pl. 4. pag. 150.
Echelle de six pieds.

Explication de la cinquiéme planche.

LA *fig.* 1. *represente le fourneau chargé, & sur lequel on vient de mettre le couvercle, où d'où on est prêt à l'ôter. Car lorsque le fourneau est en feu, les anses ne sont pas sur le couvercle, comme elles y sont ici.*

a. *Le manteau de la cheminée.*

b. *Le soufl-t. d. Chaîne avec laquelle on le tire.*

e e. *Double anse qui sert à enlever le couvercle.*

f, g. *Levier auquel l'anse est suspendue.*

h. *Potence qui soûtient le levier.*

La fig. 2, *bat de la terre pour en faire des plaques. L'endroit o, où cet Ouvrier est placé, est plus bas que la table, p, sur laquelle il frappe.*

q. *Tas de plaques finies.*

r, s, t, bâtis de fer où sont arrangées des plaques, que l'on veut faire cuire.

x. *Table de bois propre à faire les plaques mise en mesure sur l'échelle du bas.*

x 2. *Coupe de la même table.*

y y, z. Terre façonnée en plaque, qui est encore sur la table. Elle déborde en y y; en z y, on a coupé ce qui débordoit.

La fig. 3. *est le plan d'un fourneau à qui on a donné cinq creusets.*

A, est l'endroit où est coupé le tuyau de conduite du vent des souflets. Ce tuyau après s'être divisé en deux branches, se partage encore en deux autres.

E D C B, sont ces quatre branches, où les quatre porte-vent, en E, D, C, B, sont leurs modérateurs.

F, G, H, sont les plans des trois grands creusets.

I, K. Les plans, des deux creusets des bouts.

L L L L. Les quatre foyers.

M M, &c. Les ouvertures des creusets.

O O. Les ouvertures qui pénètrent dans les foyers.

La fig. 4. est le plan d'un fourneau dont le creuset du milieu est quarré ou à peu prés. Dans cette fig. & la précédente on ne s'est pas embarrassé de donner au mur autant d'épaisseur qu'il lui en conviendroit, pour ménager la place.

P Le creuset du milieu. Q Q, Les deux creusets des bouts.

R R. Les foyers, où on peut jetter du bois, si l'on veut.

La fig. 5. est une élevation de ce fourneau prise sur la ligne, Q Q.

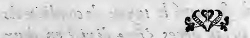
X, est une coupe du creuset du milieu, où on voit alternativement des bouts de barres & des barres de long.

S, T. Deux ouvertures par où on voit ce qui se passe dans un des creusets des bouts.

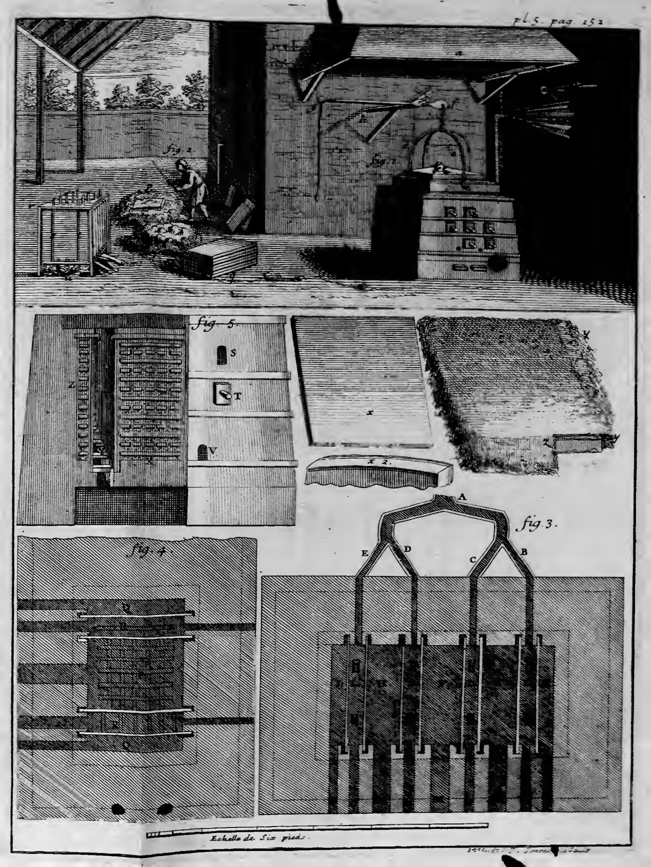
Z. Le creuset de l'autre bout, qui ici est ouvert.

V. Porte par où on peut faire entrer le bois dans un des foyers.

Y. L'autre foyer, dont le devant a été emporté pour faire voir la grille qui soûtient le bois.



CINQUIEME


fig. 2
fig. 5.
S
T
V
Z
X
x
x 2.
y
z
fig. 3.
A
B
C
D
E
fig. 4.
Echelle de Six pieds.

CINQUIEME MEMOIRE,

Sur la nature des differentes especes des fers considerés par rapport aux dispositions qu'ils ont à être convertis en acier.

TOUS les fers ne sont pas également propres à devenir de bons aciers ; les uns meritent d'être employés par préference à d'autres ; & il y en a qui doivent être absolument rejettés. Malgré le changement qui se fait dans leur tissure pendant l'opération, ils conservent quelque chose de leurs bonnes, & de leurs mauvaises qualités : quelques-uns demandent une durée de feu, qui rendroit les autres des aciers intraitables ; il en est de même, comme nous en avons averti plusieurs fois, de la force & de la quantité de la composition, dont on les entoure ; les uns veulent moins de composition, ou une composition plus foible, que celle qui convient aux autres ; c'est sur quoy il est important d'avoir des regles. Je donne ici celles que j'ai tirées des observations que j'ai faites sur un grand nombre d'especes de fer. J'ai comparé le plus éxactement qu'il m'a été possible les effets que produisent le feu & les compositions differemment dosées sur chacun de ces fers. Quoyque les regles

qu'elles m'ont fournies, me paroissoient propres pour conduire dans la pratique, & que généralement parlant, je les aie trouvées constantes, je ne voudrois pourtant pas assurer qu'il n'y en ait aucune qui souffre exception; les regles que nous voulons donner, pour être d'usage, doivent être fondées sur des qualités que les yeux puissent appercevoir; or les fers peuvent avoir des proprietés intimes, que la seule inspection ne sçauroit découvrir. Cependant comme l'arrangement, & la figure des parties sensibles est ordinairement l'effet de certaines dispositions, & qualités des parties insensibles, les regles tirées de la figure, & de l'arrangement des parties sensibles, dont le fer est composé, sont assés sûres, & apprennent assés bien ce qu'on doit attendre d'un certain fer, & de quelle maniere on le doit traiter.

Mais la premiere regle, que nous allons établir, est absolument indépendante de la connoissance de la structure intime de ce metal; elle est pour toutes les especes de fer. C'est qu'on doit éviter d'employer des barres qui aient beaucoup de pailles, de gersures, des especes de cassures; on doit choisir, autant qu'il est possible, des barres très-nettes, bien forgées. Il conviendroit à ceux qui veulent faire des établissements pour convertir le fer en acier, d'avoir à leur disposition une de ces grosses forges où l'on affine la fonte, & où on la réduit en barres; ils en seroient plus en état de choisir le fer qui a été forgé net, ils le destineroient

à devenir acier, & vendroient le reste en fer. Les barres qui ont des pailles, gersures, ou autres défauts semblables, donnent souvent des aciers de rebut; les endroits, où sont ces sortes de fentes rarement se soudent bien, on a beau les forger avec soin; quoyqu'au sortir de la forge, ils paroissent quelques fois réunis, la détrempe en découvre le foible; ils ne manquent guére de s'y entr'ouvrir; la peine qu'on avoit prise à en forger un outil se trouve perduë.

Il y a des fers, que les Forgerons appellent *rouvelins*, qui sont à proprement parler en fer, ce que nous avons nommé en acier des aciers intraitables; ce sont ceux qui pendant qu'on les forge chauds, se rassemblent difficilement, qui quelques fois se cassent sous le marteau, ou qui y soufrent un déchet considérable, par la quantité des parcelles qui se détachent. J'en ai trouvé de cette nature, parmi des fers dont les caracteres sont fort opposés. J'ai vû du fenton de Berry très rouvelin, & j'ai trouvé plus souvent le même défaut à du quarillon du Nivernois. C'est une regle certaine qu'on ne doit jamais tenter de convertir en acier de tels fers; cette conversion rend quelques fois difficiles à forger les fers qui se forgeoient le mieux; il n'y a donc pas lieu d'esperer qu'elle corrige ce défaut dans ceux qui l'ont déja, aussi l'augmente-t-elle. Il est aisé de s'assûrer si le fer, dont on veut se servir, a cette mauvaise qualité, pourvû qu'il vienne tout d'un même fourneau, & d'une

même mine ; pour épreuve, il suffira de forger quelques barres presque fondantes, de leur donner ce que les Ouvriers appellent des Chaudes suantes.

On sçait qu'en général il y a des fers doux, & des fers cassants ; des fers dont les barres se laissent plier & replier à froid, & d'autres, au contraire, dont les barres se cassent facilement. Les fers doux & les fers cassants ont des structures differentes, mais tous les fers doux n'ont pas une même structure, & les fers cassants en ont aussi de differentes. Ce que j'appelle la structure des fers, c'est la figure, la grosseur, & l'arrangement de leurs molecules ; & c'est par leur cassure, par la surface des endroits où ils ont été casés, qu'on peut juger de ce que ces molecules ont de different. Casés des pierres de differentes especes, les cassures montrent la difference des grains de chacune : rompés differentes especes de bois, sur les endroits où ils ont été rompus, vous reconnoîtrés des fibres de differentes grosseurs, & quelque fois differemment disposées. Casés des barres de differents fers, & vous appercevrés sur leur cassure des varietés si notables, qu'à la vûë simple, les cassures des barres paroîtront quelque fois plus differer entre elles, que ne paroissent differer des metaux differents, comme le plomb, l'étain, & l'argent : non seulement on y observera autant & plus de varieté en couleur, mais on y trouvera encore de plus grandes varietés pour la figure &

l'arrangement des parties. En faisant une attention médiocre aux cassures de ces differentes sortes de fers, on voit d'abord qu'on peut les diviser en deux classes, en fers qui sur leurs cassures ne montrent que des grains, ou des lames, & en fers dont la cassure paroît remplie de fibres. Celle des fers de la premiere classe ressemble ou à la cassure des pierres, ou à celle de l'étain de glace ; & la cassure des fers de la seconde classe ressemble à celle du bois ; les Ouvriers disent que ces derniers ont des chairs. Mais cette division est trop générale, le détail, où nous avons besoin d'entrer, demande des divisions plus fines.

Ces deux classes nous fourniront sept especes de fers, qu'on peut caracteriser par des signes asés précis pour être reconnus par ceux qui sont un peu en usage de voir des cassures de ce metal. Nous allons tâcher de donner chacun de ces caracteres, & nous marquerons ensuite comment ces differents fers nous ont réussi en acier, & comment il les faut traiter.

Je mets dans la premiere espece un fer qui généralement est regardé comme mauvais *; sa cassure montre des lames blanches, très-brillantes, qui sont comme autant de petits miroirs, mais de figure irréguliere, & arrangées irrégulierement ; elles ressemblent asés à celles de la cassure de l'étain de glace. Ces lames sont communément grandes ; mais il y en a qui surpassent beaucoup les autres. J'en ai quelques fois mesuré, dans la cas-

* Pl. 6. fig. 1.

ſure de groſſes barres, qui avoient plus de deux lignes de diamettre. Les lames laiſſent entre elles des eſpaces qui ſont occupés par des parties beaucoup plus petites, & qui ſemblent des grains. Je nomme le fer de cette premiere eſpece, fer à grandes, ou groſſes lames.

Je fais la ſeconde eſpece de fers, qui comme ceux de la premiere, ont à leur caſſure des lames brillantes, & blanches; mais plus petites que celles des fers de l'eſpece précedente, beaucoup plus égales entre elles & arrangées moins irréguliérement; elles ne laiſſent point, ou laiſſent très-peu d'eſpaces entre elles qui ſoient remplis par des grains. Au reſte il y a de ces fers, dont les lames ſont conſidérablement plus grandes que celles des autres. Un fer fort connu à Paris ſous le nom de fer de *roche*, peut donner un exemple des fers de cet eſpece *.

* fig. 3, 4, 5.

Les fers que je range dans la troiſiéme eſpece ont encore des lames blanches, & brillantes, plus petites que celles du fer de roche; mais ce qui caracteriſe davantage ce fer, c'eſt que toute la caſſure n'eſt pas occupée par des lames; il y a de petits eſpaces où on ne voit que des grains fins, de couleur griſatre, aſsés ſemblables à ceux d'un acier mediocrement fin, caſsé au-deſſus de l'endroit, où diſparoiſſent les grains brillants que prend l'acier, lorſqu'il eſt trempé fort chaud *. Les grains de notre fer n'ont pourtant pas un air ſi arrondi que ceux de l'acier, dont nous parlons. Ces eſpaces

* Fig. 6. 7. 8.

grainés font placés differemment dans différentes cassures des fers de cet espece, & n'ont ni grandeur, ni figure constante; il y en a quelques fois qui ont une ligne de largeur, sur trois à quatre de longueur. Pour l'ordinaire ils n'occupent néanmoins que la moindre partie de la cassure, les fers qu'on vend à Paris sous le nom des bons fers communs, sont fréquemment des fers de cette espece.

On peut faire la quatriéme espece de fers, qui ne different guére de ceux de la précedente, que par le plus & le moins; ils ont de même des lames brillantes, & des espaces remplis de grains très-fins & gris; mais ce qui distingue ceux-ci des autres, c'est que les espaces remplis par des grains, surpassent ou égalent au moins les espaces remplis par des lames. D'ailleurs les lames ne sont ni si blanches, ni si vives que celles des fers de la troisiéme espece *. J'ai toûjours trouvé ce caractere aux fers de Suede qu'on nous envoye; mais il ne leur est pas particulier.

* Fig. 9.

Nous avons un caractere encore plus marqué pour distinguer des fers précedents, ceux que nous rangeons dans la cinquiéme espece; ils n'ont point de lames brillantes, leur cassure paroît entierement grainée. Ils different même par cette grainure des fers de la troisiéme & de la quatriéme espece, la leur est à plus gros grains. Les fers de Champagne, de Nivernois, &c. qu'on forge en barres quarrées & qu'on nomme quarillons, ont tous cet-

re ſtructure. Je l'ai quelquefois trouvée à du fer de Berry très-doux, tel que celui qui eſt repréſenté, fig, 10. Quelquefois auſſi les quarillons de Champagne, & de Nivernois n'ont pas le grain ſi arrondi que celui de la fig. 10. leurs grains ſont plus petits, plus plats, & meſlés avec quelques lames comme il paroît dans la fig. 12. & mieux encore dans les fig. 11 & 14, qui repréſentent les deux eſpeces des grainures de ce fer groſſies à la loupe.

Il y a des fers qui tiennnent quelque choſe des cinq eſpeces précédentes, ſans reſſembler à aucune, qui paroiſſent meriter de faire une claſſe à part, ils ſeront auſſi dans la ſixiéme. Ces fers n'ont préciſément ni lames brillantes, ni grains; au moins les lames ſont rarement aſsés plattes pour pouvoir porter le nom de lames, & rarement aſsés convexes, pour que celui de grains leur convienne; elles ſemblent pourtant tenir plus des lames que des grains; mais elles n'ont jamais ni la blancheur, ni le brillant des lames des fers des premieres eſpeces: enfin on remarque plus ſouvent dans les caſſures de ces fers des paquets de fibres fines, que dans les caſſures des autres. Le fer de Berry qu'on vend en barres larges & épaiſſes, ont pour l'ordinaire ce caractere. Il n'eût pas été trop aisé à repréſenter; mais la fig. 11. qui n'eſt pourtant que la grainure de la fig. 10. groſſie au microſcope, peut aider à en prendre juſte idée: ces grains ſont au moins auſſi gros

à

à la vuë ſimple, que les autres le ſont à la vuë aidée du microſcope, mais ils ſont plus applatis.

Enfin les fers dont nous compoſerons la ſeptiéme eſpece, ne montrent preſque que des fibres dans leur caſſure; elle reſſemble toujours à celle d'un morceau de bois rompu. Ce ſont ces fers qu'on appelle communement des fers doux *. Tel eſt le fer de Berry bien forgé & étiré en bandes ou barres minces; tels ſont les fers de la Forge de Painpont en Bretagne; les fers doux, ou foibles du païs de Foix, & ceux de quantité d'autres forges du Royaume.

* Pl. 6. pl. 4. fig. I.

Il y a une infinité d'eſpeces de fers moiennes entre celles que nous venons de determiner, mais il eût été inutile de pouſſer la diviſion plus loin; les caracteres n'euſſent pas été aſsés reconnoiſſables. D'ailleurs ce que nous dirons des fers des eſpeces qui ſe ſuivent, ſera aſsés connoître ce qu'on doit attendre de ceux qui ſe trouvent placés entre deux, ſelon qu'ils approchent plus de l'une ou de l'autre. Au reſte quand nous avons déterminé ſept eſpeces de fers differens, nous n'avons pas voulu faire entendre que les mines, ou fontes, d'où ils viennent, fourniſſent eſſentiellement ces differences; nous avons voulu ſeulement faire remarquer qu'ils les ont. Nous ſçavons que le fer de la ſixiéme claſſe deviendroit le fer de la ſeptiéme, ſi on l'étiroit davantage; cela n'empêche pas qu'il ne ſoit un fer different, quand il n'a pas été forgé juſques à ce point. Nous avons fait voir même ailleurs, qu'on

pourroit ramener le fer de la premiere eſpece à celui de la quatriéme, en le travaillant à un grand nombre de repriſes. Mais cela ne ſe pourroit ſans perdre beaucoup de fer, & ſans emploier beaucoup de temps ; en un mot nous avons eu en vuë de determiner les differences qui ſont entre les fers, dans l'état où ils ſont lorſqu'on les vend. A meſure qu'on les travaille, on les affine davantage, on change leur nature.

Il y a plus, ces caracteres ne ſont pas invariables dans les fers venus d'une même mine, affinée & forgée de la même maniere ; la plûpart de ces caracteres peuvent ſe trouver raſſemblés dans la même barre ; caſſée dans un endroit, on peut n'y trouver que des fibres ; caſſée dans un autre, on n'y trouvera que des lames, ou des grains ; & dans d'autres, des lames, ou des fibres mêlées en differentes proportions. J'ai trouvé même des fers où toutes ces varietés étoient réunies dans la même caſſure.

Malgré cette eſpece de confuſion, l'application de nos remarques ne donnera aucune peine à ceux qui auront à emploier du fer de certaines forges. Si les caſſures des barres d'un fer ont ordinairement des fibres, ce fer ſera regardé comme fer fibreux, quoique quelquefois on y rencontre des lames. De même les fers qui ordinairement ont des lames, ne ſeront pas regardés comme fers fibreux, quand quelques-unes de leurs caſſures auront des fibres. Les regles ſont fondées ſur ce qui

arrive le plus ordinairement, & non ſur ce qui arrive toujours.

Venons à preſent aux remarques qui nous ont obligé à caracteriſer les fers, parcourons-en les differentes eſpeces. Celui de la premiere, le fer à grandes & groſſes lames, mal arrangées, & qui eſt generalement regardé comme mauvais en qualité de fer, eſt auſſi très mauvais pour l'acier; il eſt abſolument à rejetter. L'acier qu'on en fait ne ſçauroit ſoutenir le marteau; quelque peu qu'on le chauffe, dès qu'on le frappe, il tombe en petits morceaux; enfin ce qu'on en peut conſerver, eſt tout plein de crevaſſes, & de gersûres. Nous avons dit ailleurs que les aciers qui ont ſouffert un feu trop long ſont, generalement parlant, difficiles à forger; les aciers venus de ce fer ſont dans le même cas, quelque peu de feu qu'on leur ait donné; lors même qu'il n'y a encore qu'une partie de l'épaiſſeur de la barre qui ſoit devenuë acier, ſi on retire cette barre du fourneau & qu'on la forge, tout ce qui eſt acier ne ſoutient point le marteau, & pour le moins reſte très gerſeux.

Le fer de la ſeconde eſpece, celui dont les lames ſont plus petites, plus égales, mieux arrangées, mais qui n'a que des lames; ce fer, dis-je, qui eſt fort emploié à Paris ſous le nom de fer de roche & eſtimé par les Ouvriers qui font des ouvrages qui demandent à être nets & polis, eſt encore un mauvais fer pour l'acier; autant qu'il ſe travaille bien en fer, autant ſe travaille-t'il mal en

acier. Les aciers qui en viennent ne ſont pas tout à fait auſſi intraitables que ceux que donne le fer de la premiere eſpece ; mais ils le ſont aſsés pour qu'on ne doive pas chercher à en faire des pareils.

Je ſuis pourtant parvenu quelquefois à faire d'aſsés bons aciers de ces fers, mais avant de les mettre dans le fourneau, j'avois fait étirer les barres ; je les avois fait changer en d'autres qui avoient la moitié moins d'épaiſſeur & de largeur ; & ſelon les remarques que nous avons fait ci-devant, ce travail avoit pû changer la qualité du fer & le ramener à être ſemblable à ceux que nous avons rangés ſous d'autres eſpeces, ou à l'en rapprocher.

Si on vouloit, après une préparation pareille, convertir ces ſortes de fers en acier, il faudroit ſurtout avoir attention à leur donner une compoſition des plus foibles. Ils ne demandent pas non plus une longue durée de feu. Leur converſion s'acheve plus aiſément, & plus promptement que celles des autres fers dont nous parlerons dans la ſuite, mais à peu près dans le même temps que celle des fers de la premiere eſpece.

La ſtructure de fers de ces deux premieres eſpeces ſemble nous fournir les cauſes de tous ces faits. Ils ſont composés de groſſes molecules, quelquefois mal arrangées, & qui toujours laiſſent entre elles de grands eſpaces. Les ſoufres & les ſels qui agiſſent pendant l'operation écartent encore des parties qui tiennent déja mal enſemble.

Ce raiſonnement eſt encore fortifié par l'obſervation que nous avons rapportée, que le fer de roche, ou de la ſeconde eſpece, qui a été forgé & étiré avant d'être mis dans le fourneau, a été changé en acier traitable. En le forgeant une ſeconde fois on a rapproché ſes parties, on a diminué les vuides qu'elles laiſſent entre elles ; il en eſt reſté moins ſpongieux, moins en état de boire les ſoufres & d'en loger des amas auſſi conſiderables.

Les fers de la troiſiéme eſpece, qui ont de petites lames, mais deplus quelques eſpaces occupés par des grains, ſe changent pour l'ordinaire en bons aciers, ſurtout ſi on les fait étirer une ſeconde fois avant de les mettre dans le fourneau. La plûpart de ces fers n'ont pas beſoin néantmoins de ce ſurcroît de façon ; ils ne veulent pas une compoſition extrêmement forte, ils demandent un feu moins long que celui qui convient à quelques autres eſpeces de fers ; ils ſe changent en un acier qui prend un grand degré de dureté, & qui eſt beaucoup plus blanc que celui qui vient des fers dont nous parlerons dans la ſuite. Car en general les aciers tiennent de la couleur qu'avoient les fers. Les aciers faits de fer brillant ſont plus blancs, & ceux qui ſont faits de fers ternes, ſont plus gris.

La quatriéme eſpece de fer, celle qui a pour caractere d'avoir des eſpaces remplis de grains extrêmement fins, & où ces eſpaces ſurpaſſent, ou égalent au moins, ceux qui ſont occupés par des lames très petites & moins brillantes que celles des

fers des deux premieres eſpeces, ces fers, dis-je, ſont de ceux qu'on peut le plus sûrement emploier à faire de l'acier. Les aciers dans leſquels ils ſont convertis, ſont gris, ils ſe forgent à merveille, ils conviennent aux ouvrages qui demandent à être finis avec le plus de propreté; il n'eſt pas auſſi certain que ce ſoient les aciers les plus durs. Ceux de fers de la troiſiéme eſpece, & quelques-uns de ceux des eſpeces ſuivantes, m'ont parû quelquefois avoir ſur eux l'avantage de ce côté-là. Ils ne craignent point les compoſitions fortes. Ils ſont de tous les fers ceux qui m'ont ſemblé avoir beſoin d'une moindre durée de feu pour devenir acier, & de ceux qui peuvent plus le ſoûtenir par-de-là le point qui leur eſt neceſſaire.

On en trouve auſſi les raiſons dans leur ſtructure, étant composés de molecules très fines, & par-là les vuides étant multipliés & divisés, les matieres qui ſont introduites pendant l'operation, rencontrent une infinité de paſſages, pour arriver juſques au centre de la barre; & cela ſans trouver de locules vuides où elles puiſſent s'amonceler en trop grande quantité, pour agir enſuite trop puiſſamment contre les parties du fer, pour les empêcher de tenir aſsés enſemble; de-là vient ſans doute que cet acier ſoutient bien les coups de marteau, lors même qu'il a ſouffert l'action du feu, & celle des drogues plus qu'il n'en avoit beſoin.

Il y a encore une autre raiſon de ce que ce fer eſt converti en acier plus promptement que quel-

ques autres. Tout ce qu'il a de grainé peut être regardé, comme une ſorte d'acier naturel, à la verité encore imparfait, mais à qui il faut moins qu'au fer pour être entierement acier. Pour m'aſsûrer de cette conjecture, j'ai chauffé & trempé très chaud de ces fers. Je les ai enſuite eſſayés à la lime, il y avoit des endroits, qui étoient ceux, qui avoient des grains avant la trempe, ſur leſquels la lime ne mordoit point, ou à peine; ils avoient, comme l'acier trempé chaud, de gros grains blancs & brillants; les endroits qui entouroient ceux ci avoient un grain fin griſâtre qui ne réſiſtoit point à la lime.

Les fers de la cinquiéme eſpece, ceux qui ſont grainés à gros grains, comme les quarillons de Champagne & de Nivernois, ſont plus long-tems à être changés en acier que les fers de la quatriéme & même de la troiſiéme eſpece. Leurs molecules ſont plus groſſes que celles de la quatriéme eſpece, & apparemment plus ſerrées, plus difficiles à ouvrir que celles de la troiſiéme eſpece. Il y a de ces fers qui ſe changent en des aciers gris, qui ſe travaillent bien. Je n'en ai point trouvé qui réſiſtent mieux en ciſeau à couper le fer à froid. Mais il ne faut pas leur faire ſouffrir un feu trop long, autrement ils deviendroient gerſeux. Le mieux auſſi ſera de leur donner une compoſition moins forte, qu'à ceux de la quatriéme eſpece. Entre ces fers, ſurtout entre les quarillons de Champagne & du Nivernois, il s'en trouve qui étant fers, ſont naturellement très difficiles à forger; nous avons fait

une regle generale pour exclure tous les fers de cette nature. J'ai trouvé des fers de Berry de cette eſpece qui ſe changeoient dans les aciers les plus durs, les plus fins, & les plus aisés à travailler.

J'ai eſſayé ce qu'on appelle dans le pays de Foix des fers forts, qui ſont des aciers naturels aſsés groſſiers, ou ſi l'on veut, des fers qui tiennent de la quatriéme & cinquiéme eſpece, il n'étoit pas poſſible d'en faire des aciers fins, parceque ceux que j'ai eu, étoient naturellement difficiles à forger.

Les fers de la ſixiéme eſpece, qui n'ont, à proprement parler, ni grains, ni lames, ne ſont pas toujours des fers bien sûrs ; il leur arrive aſsés ſouvent de devenir des aciers un peu difficiles à travailler. Mais, s'ils ne ſont tels que parce qu'ils ſont en barres larges, & épaiſſes, comme nous en avons ſouvent de fer de Berry, on doit les regarder comme un fer qui n'a pas été aſsés façonné ; il faut les forger pour les réduire en barres plus étroites & plus minces ; & cela d'autant plus volontiers que nous avons remarqué ailleurs qu'il y a de l'avantage à mettre au feu des barres minces ; outre que les barres de cette épaiſſeur exceſſive conviennent à peu d'ouvrages d'acier : après cette façon, ils ſont des fers de la ſeptiéme eſpece, ou en tiennent beaucoup.

Quand les fers de la ſeptiéme eſpece, les fers dont la caſſure eſt toute fibreuſe, ou fibreuſe pour la plus grande partie, quand ces fers, dis-je, ne ſont point rouvelins, ils donnent des aciers excellens,

lens, qui ont ſurtout beaucoup de corps. De tous les fers ce ſont ceux qui m'ont ſemblé demander une plus longue durée de feu, pour être entierement convertis ; le feu paroît auſſi avoir plus d'ouvrage à faire. Avant d'arranger les lames, il faut qu'il coupe les fibres, qu'il en raſſemble les parties. Ces fers ſoutiennent des compoſitions aſsés fortes.

Les fers fibreux fourniſſent ſeuls aſsés de combinaiſons pour faire quantité d'autres eſpeces de fers ; car tantôt les fibres occupent une plus grande, & tantôt une plus petite partie de la caſſure ; le reſte de la caſſure eſt tantôt rempli par de groſſes lames, tantôt par de petites, tantôt par des grains. Mais il eſt aisé de juger de la nature de ces fers par ce que nous avons dit, car les fibres ne ſont jamais ce qui les gâte. Si le fer de la quatriéme eſpece joint à ſes petites lames, & à ſa grainure fine des eſpaces occupés par des fibres, il n'en vaudra pas moins ; ſi les fibres ſe rencontrent avec des lames auſſi grandes, que celles du fer de la premiére eſpece ; ce fer, qui n'aiant que des lames, auroit été mauvais, pourra être paſſable. Les fibres ſe rencontrent pourtant quelquefois avec des lames de grandeur mediocre dans certains fers, qui deviennent des aciers aſsés peu traitables.

Outre les varietés que les differentes figures, ou les differents arrangements des parties, introduiſent dans les couleurs des fers, il y en a où la caſſure étant à peu près ſemblable pour le reſte,

ont pourtant des couleurs differentes, qui sont plus ou moins blancs, plus ou moins brillants; le brillant excessif n'est pas toujours d'un bon présage, mais une couleur trop terne, trop noirâtre, est aussi souvent un mauvais signe. J'ai éprouvé du fer d'une forge de Normandie, des environs de Caen, dont la cassure avoit un grain égal, mêlé avec beaucoup de fibres; ce fer qui par-là sembloit promettre, s'est converti en mauvais acier; la couleur de ce fer est presque noirâtre.

Une regle generale, & qui peut être regardée comme un résultat des observations que nous venons de rapporter. C'est que, plus les parties sensibles, dont un fer est composé, sont petites, plus elles sont arrangées regulierement, & plus propre est ce fer à être converti en acier. Les fers composés de petites lames sont bons, & d'autant meilleurs que les lames sont plus petites. Les fers grainés sont d'autant meilleurs qu'ils sont grainés plus fin. Le fer fibreux, dont les fibres sont les plus fines, est dans cette espece celui qui merite d'être préferé.

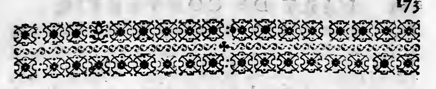
Au reste comme la consommation du fer, emploié en fer, est incomparablement plus grande que celle de l'acier, on n'a pas besoin que toutes les forges d'un Etat fournissent du fer propre à devenir acier, & on en trouvera de reste de ce dernier genre dans la plûpart des Provinces du Roiaume. Nous avons déja dit, que quand il faudroit avoir recours aux fers de Suede, que l'inconvenient

ne feroit pas grand, puifqu'on peut l'avoir, dans nos ports, à peu près au même prix que le nôtre. Mais nous fommes bien éloignés d'être dans cette neceffité. J'ai effaié des fers de Berry de plufieurs forges, qui ont bien réuffi. J'en effaie de bon du Nivernois. On m'en a apporté des forges d'auprès de Maubeuge, qui a été converti en bon acier; on n'en fçauroit fouhaiter de meilleur que celui que j'ai fait avec des fers qui m'ont été envoiés de Vienne en Dauphiné, qui venoient de fonte de Bourgogne; le Dauphiné a auffi les fers d'Allevard qui réuffiffent parfaitement. Il y a à Painpont en Bretagne une forge dont le fer, qui m'a été envoié, s'eft converti en bon acier. Des forges de l'Angoûmois, je n'ai effaié que celui de la forge de Rancogne à quatre lieuës d'Angoûleme, qu'on peut hardiment convertir en acier, s'il eft communément de la qualité de celui que j'en ai reçu. J'ai éprouvé du fer de la forge du Roc, en Perigord, qui s'eft trouvé bon. Je ne connois point de fer plus propre à faire de l'acier que celui que donne la mine de Biriatou, païs de Labour, prés de Baionne; cette mine eft negligée depuis long-temps; on en fit en 1716. un effay par ordre de fon Alteffe Royale, un échantillon du fer venu de cet effay, me fut remis, je l'ai éprouvé en acier qui eft du meilleur qu'on puiffe fouhaiter.

Je pourrois pouffer plus loing cette énumeration, mais il fuffit qu'on entrevoie que dans la plûpart des Provinces du Royaume on peut faire de

bons aciers. Je pourrois aussi citer des fers de la plûpart de ces Provinces, qu'on doit toujours laisser en fer, & même quoique très-bons en fers: mais les regles que nous venons de donner, aideront à reconnoître ces sortes de fers. Nous le répetons pourtant encore, il ne faut pas s'en fier assés aux connoissances qu'elles donnent pour entreprendre de convertir à la fois une grande quantité de fer, avant d'avoir fait les essais en petit, comme le troisiéme Memoire l'a enseigné.





SIXIE'ME MEMOIRE,

Qui contient des observations sur les changemens sensibles qui se font dans le fer, pendant qu'il est converti en acier; sur les précautions avec lesquelles il faut forger le nouvel acier, & le resultat des frais de la conversion du fer en acier.

IL est au moins curieux de suivre le fer pendant qu'il se transforme en acier; de voir à l'occasion de quels changements, faits dans sa tissure, il prend de nouvelles qualités, & change pour ainsi dire de nature; ce sont des observations qui doivent, ce semble, aider à mieux connoître les caracteres du fer & de l'acier, en quoi ils different l'un de l'autre. Mais, outre ce que ces observations peuvent avoir d'interessant pour un Physicien, elles fournissent quelques regles qui ne sont pas inutiles pour la conduite des manufactures où l'on convertira le fer en acier.

Avant néantmoins de considerer les differents états par où le fer passe pour devenir acier, considerons celui où se trouve une barre, où la conversion vient d'être operée. Prenons cette barre telle qu'elle est quand on l'a tirée du fourneau,

ſuppoſons même qu'on l'a laiſſé refroidir dans ce fourneau. Que cette barre fut auparavant de fer à lames, qu'elle fût de fer à grains, de fer fibreux, en un mot, de fer doux, ou de fer aigre, elle eſt devenuë auſſi caſſante que ſi elle étoit d'acier trempé; quoique large & épaiſſe, quelques coups de marteau ſuffiſent pour la rompre en deux. Ce que cette remarque a de ſingulier, c'eſt que l'acier lui-même n'eſt jamais caſſant qu'après qu'il a été trempé, ou ce qui eſt la même choſe, refroidi ſubitement. On ſçait que ſi on laiſſe refroidir une barre d'acier au milieu de la forge, quelque degré de chaleur qu'on lui eût donné, on lui trouve une ſoupleſſe qui approche de celle du fer; cependant notre barre qui s'eſt refroidie dans le fourneau ne laiſſe pas d'être caſſante. Nous nous contentons de rapporter ce fait, que nous expliquerons ailleurs, & qui nous aidera lui-même à en expliquer d'autres: mais nous en tirerons une regle, pour connoître ſi les barres ſont entierement converties en acier. Quand elles auront été tirées du fourneau, un Ouvrier les prendra les unes après les autres par un bout; il donnera de celle qu'il tient un grand coup contre la carne d'une enclume; ſi la barre ſe caſſe en deux, elle eſt acier; ſi elle réſiſte au coup, elle a beſoin d'être remiſe dans le fourneau. Il les éprouvera de même toutes, & cette épreuve ne le tiendra pas long-temps. S'il l'aime mieux, il peut encore poſer ſa barre ſur une enclume un peu creuſe, ou ce qui revient au même,

mettre ſous un des côtés de la barre quelque morceau de fer, entre elle & l'enclume, afin que cette barre porte à faux ; il donnera enſuite un coup ou deux de marteau deſſus : la barre qui les ſoutient ſans ſe caſſer, n'eſt pas acier juſqu'au centre. Il n'eſt pas neceſſaire d'avertir que le coup doit être pourtant plus fort, ſelon que les barres ſont plus épaiſſes.

Si on examine la caſſure d'une des barres qui a mal ſoutenu le coup, on la trouvera fort differente de celle qui auroit parû ſi on l'eût caſſée pendant qu'elle étoit fer ; au lieu des fibres, & des grains qu'elle eût pû avoir alors, elle a pris des lames qui donnent plus de reſſemblances à cette caſſure, avec celle du fer commun, ou de la premiere eſpece, qu'avec celle de toute autre ſorte de fer ; des yeux peu accoutumés à voir l'acier en cet état, la prendroient moins pour une caſſure d'acier, que pour celle d'un fer de mauvaiſe qualité. Cette caſſure a pourtant deux circonſtances par où elle differe ſenſiblement de celle des mauvais fers ; la premiere, c'eſt que ſes lames quoique de grandeur, & de figure irreguliere, ſont posées aſsés regulierement. Leur plan eſt preſque toujours parallele aux bouts de la barre, on ne trouve point qu'ils aient toutes ſortes d'inclinaiſons comme ceux des lames des mauvais fers ; on ne voit point entre elles de vuides auſſi conſiderables.

Mais la ſeconde difference, bien plus marquée que la précedente, c'eſt que la couleur de la caſſure

eſt plus terne, & plus griſe que la couleur de celle du fer commun. Ces lames, qui paroîtroient peut-être vives à qui n'auroit point fait attention à celles du fer commun, ou à qui il n'en reſteroit point d'idée, paroîtront ſans éclat, ſi on les compare avec les lames de ce fer; elles n'ont plus la blancheur des lames du fer, elles ſont griſâtres, & ternes en comparaiſon des autres; elles ſemblent mal polies, il faut bien auſſi qu'elles le ſoient moins, que leurs ſurfaces ſoient en quelque ſorte plus raboteuſes, puiſqu'elles réflêchiſſent la lumiere plus foiblement vers le même endroit. Il ſeroit naturel d'attribuer cet effet aux matieres qui ont penétré le fer pendant l'opération; il ſemble qu'elles lardent de toutes parts les lames, dont nous parlons, qu'elles les rendent en quelque ſorte heriſſées.

Ces lames, que montre la caſſure, ne ſont pas toujours de même grandeur, de même couleur, ni ternes au même point; mais pour ſuivre les états par où elles paſſent, nous n'avons qu'à ſuivre les progrès qui ſe font dans le fer pour ſa converſion en acier. Arrêtons-nous d'abord à une barre de fer fibreux, qui eſt le plus éloigné, ou qui ſemble le plus éloigné de l'acier. Le premier changement ſenſible qui ſe fait dans ce fer, car nous ne parlons que de ceux-là, c'eſt que ſes fibres ſont coupées; les plus proches de la ſurface, le ſont les premieres, elles ſont les plus à portée de l'action des matieres qui entourent ce métal, & ainſi par ordre les fibres ſont coupées, ſont détruites ſucceſſivement;

ment; celles du centre le ſont les dernieres. Si on caſſe ce fer avant que la compoſition ait eu le temps d'agir puiſſamment, la caſſure eſt donc ſenſiblement de deux tiſſures differentes. Le milieu & les environs ſont fibreux, & ce qui les entoure ne fait voir que des lames. D'abord ces lames ne forment qu'une eſpece de cordon étroit; ce cordon s'élargit, compoſe une bande, qui continuant à s'étendre parvient enfin juſqu'au centre.

Mais les lames, venuës de la premiere diviſion des fibres, ſont blanches, brillantes, telles, en un mot, que celles des fers que nous avons rangés dans la premiere, & la ſeconde eſpece; elles ſont ſeulement diſposées avec plus de régularité. Auſſi les eſpaces occupés par ces lames ne ſont point du tout acier; mais ils ont une diſpoſition prochaine à le devenir.

Si on continuë à faire agir le feu & la compoſition, ces lames perdent inſenſiblement de leur blancheur & de leur brillant; enfin devenuës ternes & griſatres à un point, que nous n'avons pas d'expreſſions pour déterminer, & qui n'eſt pas préciſément le même dans tous les fers, elles ſont acier. Pendant que les lames les plus proches de la ſurface deviennent de plus ternes en plus ternes, & de plus griſes en plus griſes, les fibres plus interieures ſont coupées pour compoſer des lames brillantes. Alors on trouve dans la même barre, lames ternes, lames brillantes, & fibres *. Le centre de la barre perd lui même enſuite ſes fibres, il

* Pl. 7. fig. 4.

se trouve occupé par des lames vives & blanches, qui ne seront à leur tour acier que quand elles auront acquis la nuance des autres. Pendant que celles-ci prennent couleur, les autres, qui soutiennent toûjours l'action des matieres qui environnent la barre, ne restent pas dans le même état; elles diminuent insensiblement de grandeur, elles deviennent de plus petites en plus petites*; & si elles souffrent le feu jusqu'à un certain point, elles disparoissent; elles ne sont plus des lames à nos yeux; ils ne voyent que des grains très-déliés, un peu applatis & d'une couleur plus grisâtre que celle qu'avoient d'abord ces lames, ou que celle qu'ont pris les lames du milieu de la barre.

* Pl. 7. fig. 5.

Tout se passe à peu près de la même maniere dans la conversion des fers dont nous avons fait la troisiéme, & la quatriéme espece; ils n'ont point de fibres, ils n'ont que des grains fins, & de petites lames. Le premier effet de l'opération est de réduire les grains en lames brillantes, & plus grandes même que celles que ces fers ont naturellement. Quelques-unes de ces dernieres semblent se réunir pour en former de nouvelles, arrangées plus réguliérement que celles dont elles sont faites; enfin ces lames perdent par degré leur brillant & leur blancheur. Il semble que le feu a moins d'ouvrage à réunir ensemble des grains, ou des lames déliées, pour en composer de nouvelles lames qu'à couper des fibres, & à les réduire en de pareilles lames; ce qui aide à rendre raison d'une

observation que nous avons rapportée dans le Memoire précédent ; sçavoir que les fers fibreux, ou de la septiéme espece demandent une plus longue chaleur pour être convertis en acier, que ceux de la quatriéme.

On connoît aisément à la simple inspection de la cassure d'une barre, si elle est entierement convertie en acier, & cette façon d'en juger est moins équivoque que celle que d'en juger par la facilité qu'on trouve à la casser, dont nous avons parlé ci-dessus ; s'il y restoit très-peu de parties de fer, elles pourroient n'avoir pas la force de soutenir le coup. Mais ces parties de fer, quelque peu qu'il en reste, sont aisées à reconnoître à l'œil sur la cassure. Tout ce qui est fibreux est fer sans nul doute, & tout ce qui a des lames trop blanches ou trop brillantes, l'est de même. Quand il y a de pareilles lames, elles sont ordinairement vers le centre de la barre. Si pourtant il est arrivé par quelque accident que la composition ne se soit pas trouvée en quantité suffisante vers quelqu'un des côtés de la barre, soit parce qu'on n'y en aura pas mis, soit parce que le feu aura trouvé entrée dans le creuset, & l'aura consumée, cette partie qui a manqué de ce qui lui falloit pour devenir acier, n'a que des lames brillantes, pendant que les autres endroits n'en ont que de ternes. *

* Pl. 7. fig. 6.

Les connoissances que donnent les cassures vont plus loin, elles apprennent assés sûrement si un acier est de bonne qualité, & si le fer dont il a été

fait eſt un fer propre à être converti en acier, ſi cet acier ne ſera point gerſeux ; nous avons dit ailleurs qu'une trop longue durée du feu peut lui donner cette mauvaiſe qualité. La caſſure fait connoître ſi la durée du feu a été trop longue. Si toutes les lames ſont diſparuës, ſi on n'y voit plus que des grains ternes *, l'acier eſt intraitable. Si au contraire les grains forment ſeulement un petit cordon au tour de la caſſure c'eſt une marque qu'on a donné à l'acier le degré de cuiſſon convenable pour le rendre dur, pendant qu'il reſte aisé à forger. Mais quand ce cordon s'eſt élargi juſqu'à former une bande qui a plus de largeur que l'eſpace où reſtent les lames, il eſt très-rare que l'acier ne ſoit point gerſeux ; s'il ne l'eſt point alors, le fer eſt d'une excellente qualité. En général il faut que l'eſpace occupé par les lames ſoit plus grand que celui qui eſt occupé par les grains.

* Fig. 8.

Tout ce qui eſt grainé ſur la caſſure eſt, pour ainſi dire, devenu trop acier ; mais il faut que certaines parties aient paſsé le point qui leur convient, pour que d'autres ſoient preſque arrivées à celui où elles doivent aller. Depuis la ſurface juſqu'au centre, la barre ſe trouve donc graduée en acier de differentes qualités. Le degré de celui du centre eſt aſsés different du degré de celui de la ſurface. Heureuſement que l'à peu près ſuffit dans la pratique des arts ; car il ſuit de cette remarque, qu'un outil n'eſt fait nulle part d'acier de même qualité.

Reprenons la ſuite entiere des changements qui

ſe font dans le fer pendant qu'il ſe convertiſt en acier, où tous les états par où ſes molecules, ou au moins celles que la caſſure nous montre, ſemblent paſſer. D'abord ont paru des lames blanches, plus égales, mieux arrangées que celles de même couleur qu'on voit dans les mauvais fers. Ces lames deviennent de plus ternes en plus ternes, & en même temps de plus petites en plus petites; enfin elles deviennent ſi petites, qu'elles ne ſont que des grains à nos yeux. Quand elles ſont blanches, elles ſont encore pur fer. Devenuës un peu ternes elles ſont en acier, mais acier encore mou, ſemblable à celui dont nous avons parlé dans le ſecond memoire, qui prenoit un beau grain à la trempe, mais qui faiſoit de mauvais ciſeaux à couper le fer à froid. Devenuës plus ternes, elles ſont de bon acier; deviennent-elles encore plus petites & plus ternes, elles compoſent un acier plus dur, plus fin, mais plus difficile à travailler. Enfin des lames devenuës preſque auſſi fines que des grains, ſont des marques aſsés ordinaires d'un acier intraitable.

Tous ces differents ordres de couleur & de grandeur de grains peuvent ſe trouver dans un morceau d'acier, & s'y trouvent preſque néceſſairement, s'il eſt très épais. Quand le centre change de nature, il y a long-temps que les bords en ont changé; d'où il ſuit que plus le fer qu'on aura choiſi ſera mince, & plus il ſera facile de le convertir dans un acier égal.

Ce que la trop longue durée du feu fait ſur les

fers propres à devenir bons aciers, la mauvaise disposition naturelle des parties le fait dans ceux qui n'y sont pas propres ; je veux dire qu'il y a des fers, où les lames les plus proches de la surface disparoissent, où elles se changent en grains, avant que les lames intérieures aient perdu leur brillant, & pris la couleur terne qui leur convient *. Tels sont les fers de la premiere, & de la seconde espece, leurs molecules boivent trop avidement les soufres & les sels ; elles s'en laissent trop aisément pénétrer ; ceux qui entrent dans la barre se logent avec tant de facilité dans les premieres parties qu'elles rencontrent, que ce n'est que quand ces parties en sont saoulées que les nouvelles matieres, qui arrivent, pénétrent plus avant. Le fer un peu éloigné de la surface de la barre ne commence à devenir à acier, que quand ce qui en est plus proche l'est trop. Aussi y a t'il de ces barres, sur tout de celles des fers de la premiere espece, qu'on ne peut venir à bout de forger, quoyque une très-petite partie de leur épaisseur soit convertie en acier.

* fig. 9.

Les fers à gros grains, comme sont les quarillons de Champagne, & de Nivernois, dont nous avons fait la quatriéme espece, en se convertissant en acier, prennent des lames beaucoup plus petites que les autres fers, & sur tout que les fers qui ont un mêlange de grainure fine, & de lames. J'imagine que dans les fers à gros grain, chaque grain se change en une lame, au lieu que dans les autres

plusieurs grains fins se réunissent pour former cette lame.

Il y a des aciers qui, quoyqu'ils conservent encore beaucoup de lames sont difficiles à forger. Mais un peu d'habitude à voir des cassures pourroit faire prévoir ce cas; alors les lames sont sensiblement plus ternes, & plus grises que celles des autres cassures; & il en est de la couleur grisâtre & terne, comme de la diminution de la grandeur des lames; elles ne doivent l'un & l'autre aller que jusqu'à un certain point.

Il résulte pourtant de ce que nous venons de dire que des fers de differentes especes, qui se changent en acier, prennent des lames de differente grandeur, qu'ils prennent aussi differentes nuances de couleur. La differente nature des fers doit nécessairement introduire des varietés en tout ceci; & elles vont jusques-là, qu'une barre d'un certain fer qui a acquis des lames, qui ont encore une certaine vivacité, un certain degré de brillant, est acier, pendant qu'une barre d'une autre espece de fer, sera toujours restée fer dans les endroits où ses lames auront autant de brillant que celles de la premiere.

Mais ce qui est à remarquer pour la connoissance des fers, c'est que moins les lames demandent à perdre de leur brillant, moins elles demandent à prendre de couleur grise & terne, pour être converties en acier, & plus l'acier qui vient de ces fers est traitable, mieux il se forge. La cassure d'acier

fait de fer de Suede, ou de fer de la quatriéme espece, qui a eu une juste cuisson, est bien plus brillante que celle des fers de la premiere, seconde, & cinquiéme espece.

Communément parlant le fer le plus sûr est aussi celui qui, au même degré de cuisson, conserve de plus grandes lames; le fer de Suede a encore cet avantage. Il est singulier que la grandeur des lames soit un des caracteres des plus marqués du mauvais fer, & au contraire un caractere des bons aciers. Mais comme nous l'avons asses remarqué, ces dernieres lames sont bien autrement arrangées que les premieres, & ne laissent pas d'aussi grands vuides, elles sont plus pressées les unes contre les autres.

Les observations que nous venons de rapporter, sont les plus délicates; celles qui suivent se font remarquer sans qu'on cherche à y donner attention. Souvent les surfaces des barres, qu'on retire du fourneau, ont des inégalités, des especes de gales * que nous croyons devoir nommer bulles, ou boüillons, puisqu'elles sont produites par une sorte de boüillonnement qui se fait dans le fer. Ces bulles ou boüillons sont des portions de sphere creuse, ou de spheroide éliptique; elles sont distribuées trés irrégulierement sur les barres, & sont de grandeur fort differente. Quelques-unes n'ont pas une demi ligne, ou un quart de ligne de diametre, d'autres en ont plusieurs lignes. Une barre a quelques fois trois ou quatre grosses bulles, & une

* Pl. 7. fig. 4, 6, 7. G, G, g, g.

une infinité de petites ; quelquefois on n'y trouve aucunes grosses bulles, elles sont toutes petites ; quelquefois même, on ne trouve aucunes de celles-ci, mais le cas est rare.

Ces bulles prouvent que le fer a soutenu un grand degré de chaleur, pour être converti en acier, qu'il s'est fait dans la barre des rarefactions considérables, puisque des couches de fer asés épaisses ont été soulevées. Ce n'est pas seulement près de la surface que se font ces boüillonnemens, ils se font jusqu'au centre même de la barre ; on y rencontre quelques fois des cavités de plusieurs lignes de longueur, qui tiennent les parties du fer écartées les unes des autres d'une demi ligne, & même d'une ligne ou deux *.

* fig. 7. O.

J'avois soupçonné que les endroits de la surface des barres, où se trouvent les bulles, étoient ceux sur lesquels, il s'étoit rencontré plus de parties salines amoncelées ; mais l'expérience n'a pas verifié cette conjecture. J'ai mis exprès des grumeaux de sel sur des endroits, que j'avois marqué, comptant y faire élever des bulles ; il est arrivé précisément, qu'il n'en a point paru sur ces endroits. Les endroits où elles s'élevent, sont probablement ceux où le fer est plus ouvert, ou il a donné plus d'entrée aux matieres sulfureuses, qui venant à se rarefier soulevent le fer.

Ces bulles sont ordinairement une marque que l'acier a eu une asés longue chaleur. Quand il a trop long-temps souffert le feu, ou que la composition

a été trop active, elles ſont en très-grand nombre; elles marquent pourtant autant la violence du feu que ſa durée. J'ai vû des barres toutes couvertes de bulles, avant d'avoir été à moitié converties en acier; ces barres avoient eu d'abord un feu très-vif. De ſorte qu'il y a apparence qu'elles ne ſe forment que quand la barre a été bien ramollie, & par cette raiſon il doit y en avoir d'autant plus que les barres ont plus ſouffert le feu. Il s'enſuit encore qu'on convertira le fer en acier ſans y faire élever de ces bulles, ſi on lui donne un feu très-moderé, & par conſéquent plus long.

Outre cette rarefaction ſenſible, qui ſe fait dans certains endroits de la barre, il s'en fait une inſenſible dans toutes ſes parties, la preuve en eſt que la barre augmente de volume. Ce qu'elle acquiert en épaiſſeur & en largeur, n'eſt pas aſsés conſidérable pour être meſuré; mais l'augmentation en longueur eſt meſurable. J'ai pris exactement la longueur d'une barre de fer avant de la mettre dans le fourneau; aprés qu'elle y a été changée en acier, & qu'elle a été refroidie, je l'ai meſurée, & j'ai trouvé une augmentation de plus d'une ligne & demie ſur une longueur de quinze pouces.

Ce n'eſt pas ſeulement le volume de la barre qui croît, pendant qu'elle ſe convertît en acier; ſa peſanteur augmente en même-temps. Cette remarque peut donner des éclairciſſements ſur les cauſes de cette converſion. J'ai peſé avec toute la préciſion poſſible un morceau de fer de Nivernois, avant de

le mettre dans le fourneau. Il pesoit trois livres moins environ un grain & demi. Quand il a été converti en acier, je l'ai pesé avec les mêmes poids, & dans les mêmes balances, alors il pesoit trois livres 128 grains. Comme je ne le pesai que quatre à cinq jours après qu'il eût été tiré du fourneau, j'eus grand soin de le bien essuyer pour le rendre au moins aussi sec, & aussi net qu'il l'étoit la premiere fois. Si cependant, pour plus grande sureté du calcul, on veut bien abandonner près de 22 grains, l'augmentation du poids sera encore de 108 grains, c'est-à-dire de 36 grains, ou d'un demi gros par livre. De sorte que pendant l'opération le poids du fer a augmenté au moins d'une $\frac{1}{256}$ partie de celui qu'il avoit auparavant, & cette augmentation ne laisse pas d'être quelque chose. Aiant repeté l'experience sur du fer de Suede, j'ai trouvé à peu près une pareille augmentation, soit de volume, soit de poids.

Nous avons dit que les barres converties en acier sont cassantes, quoyqu'on les ait laissé refroidir dans le fourneau; mais nous devons ajouter ici, que quoyqu'elles aient cette proprieté de l'acier trempé, qu'elles n'ont pas celle qui l'accompagne ordinairement, la dureté. On les trouve un peu plus dures, à la lime, que les fers ordinaires, bien moins pourtant que l'acier trempé. Mais si on fait chauffer ces barres, & qu'on les trempe, elles prennent toute la dureté que peut avoir l'acier.

Si même lorſqu'elles viennent d'être tirées du fourneau, pendant qu'elles ſont encore toutes rouges on les trempe dans l'eau froide, elles en deviennent encore plus caſſantes ; elles perdent leurs lames, prennent une grainure proportionnée au degré de chaleur qu'elles avoient quand elles ont été trempées, mais toujours moins égale, moins belle que celles qu'elles pourront prendre après avoir été forgées.

Quand le feu aura été au fourneau, pendant un temps qui approche de celui qu'on juge néceſſaire, on retirera quelques barres ; on les eſſaiera ſoit en les caſſant après les avoir laiſſé refroidir lentement, ſoit aprés les avoir trempé ; ſi on veut même on les forgera par un bout, on chauffera ce bout, on les trempera & caſſera enſuite. Lorſque ces épreuves, faites ſur des barres tirées à differentes hauteur de notre fourneau, auront fait voir que la converſion eſt au point où on la ſouhaite, on ceſſera de mettre du bois, ou du charbon. Si on ne veut pas faire une ſeconde fournée, on laiſſera tout refroidir avant de tirer l'acier ; il profitera de la chaleur acquiſe du fourneau ; & alors on ne retirera rien juſqu'à ce que la compoſition paroiſſe bien éteinte. Mais ſi l'acier a eu aſsés du feu, & qu'on veüille tirer parti de la chaleur du fourneau, on le déchargera ſur le champ, en cas qu'il ſoit conſtruit de façon à pouvoir être déchargé par les côtés. A meſure qu'on retirera les barres, on retirera la compoſition em-

brasée qui étoit entr'elles. On la fera tomber dans un grand creuset, ou dans quelqu'autre vase où on l'étouffera le plûtôt qu'il sera possible; si on la laissoit librement à l'air, elle seroit bien-tôt réduite en cendre, & ne seroit plus guére propre à être employée. Mais si on est attentif à l'étoufer promptement, elle sera encore en état de reservir.

Enfin pour mettre les barres tirées du fourneau, & reconnuës pour être acier, dans l'état des aciers ordinaires, il reste à les forger; il faut rapprocher leurs parties qui ont été trop écartées les unes des autres pendant l'opération. Avant de les forger on les chauffe, comme on chauffe presque toujours le fer & l'acier avant de les travailler au marteau. Mais quand cet acier n'est pas fait d'un fer d'une excellente qualité, quand il a eu trop de cuisson, on prendra garde de le chauffer trop, il soutiendroit mal les coups; quantité de parcelles s'en détacheroient, il resteroit gerseux: c'est trop de séparer beaucoup des parties déja mal unies. Plus le feu agit sur quelques corps que ce soit, plus il lui communique de chaleur, plus il sépare ses parties. Le plus sûr est même de donner la premiere chaude foible, de ne faire prendre aux barres que le rouge qui commence à paslir; mais il ne faut pas les pousser au blanc, à la chaude suante.

J'ai vû des aciers, faits de certains fers, ausquels on pourroit hardiment donner une chaude suan-

te, dés la premiere fois, le plus sûr pourtant eſt de ne le pas faire.

Pour chauffer même ces barres plus également, & plus précisément au point où on les veut, j'aimerois mieux qu'on les mît dans des fourneaux de reverbere, pareils à ceux où l'on chauffe les barres qu'on veut faire paſſer entre les rouleaux des applatiſſeries, & les couteaux de fendries; & qu'on les y chauffât comme ces dernieres barres au feu de bois. J'aimerois, dis-je, mieux cette façon de les chauffer, que celle de les chauffer à la forge avec le charbon. Cette précaution pourtant ne doit pas être miſe, à beaucoup près, au rang de celles qui ſont indiſpenſables.

Lorſque l'acier vient d'un bon fer, & qu'il a été fait à propos, on ne trouve guére plus de déchet à le forger, qu'à forger le fer commun; je n'ai trouvé dans l'acier fait de fer de Suede qu'un douziéme de diminution de poids à ramener en billes quarrées des barres de deux pouces de largeur ſur quatre lignes d'épaiſſeur.

Quoyque nous aions conſeillé dans le ſecond mémoire & même dans celui-ci d'employer des barres minces par préference, il faut pourtant conſerver une certaine proportion entre l'épaiſſeur & la largeur; ſi les barres ſont trop minces par rapport à leur largeur, il ne ſera pas aisé de changer leur forme ſous le marteau, il ſera difficile de les forger ſur leur épaiſſeur; & ſi on les forge, & qu'on veüille ramener ces barres minces en billes

qui approchent de la forme quarrée, on fera faire des especes de plis à la surface de la barre *; quoy-qu'on force ensuite ces plis à disparoître, l'acier aura un défaut que je ne lui eusse pas soupçonné, mais que j'ai appris par expérience; quand on vient à tremper les outils faits de cet acier, ils sont sujets à s'entrouvrir. On a plus écarté les fibres de l'acier les uns des autres en les forgeant sur la tranche, qu'on ne les a rapproché en les forgeant sur le plat, il en reste qui tiennent mal ensemble. Ainsi quand, en parlant des fourneaux, j'ai dit que des barres épaisses de trois lignes & large de vingt, devenoient acier dans un certain temps, je n'ai pas eu intention de faire entendre que la proportion de 3 sur 20 fût celle qu'on doive choisir, celle de 3 sur 10 vaut mieux.

* Pl. 7. fig. 10.

Au reste les marteaux des forges appellés martinets sont les plus propres à forger ces barres; ils expedient plus d'ouvrage que les marteaux à bras, & réunissent mieux les parties de l'acier.

Enfin, après que les barres ont été forgées, qu'on leur a eu donné la figure qu'on leur veut, l'usage est de les tremper Ce n'est pas que cette trempe serve à quelque chose par la suite; car toutes les fois qu'on chauffe l'acier on le détrempe, & pour en faire des outils, il faut le chauffer; mais ceux qui l'achettent sont un peu plus en état de juger de sa qualité, lorsqu'il a été trempé, que s'il ne l'avoit pas été. La façon de le tremper n'est pas de celles qui doivent entrer en ligne de com-

pte pour l'encherir, puiſque tout ſe réduit à le chauffer à peu près couleur de ceriſe, & lorſqu'il a pris cette couleur à le plonger dans l'eau froide ; c'en eſt aſsés pour lui donner de la dureté. Si on le caſſe après qu'il a été trempé, ſa caſſure a des grains fins, qui le ſont pourtant plus ou moins ſelon la qualité de l'acier & ſelon le degré de chaleur auquel il a été trempé ; mais il n'eſt pas temps encore d'examiner les differents effets de la trempe.

Voyons à préſent à quoy peuvent aller à peu près les frais de la converſion du fer en acier, afin que ceux qui auroient envie d'en entreprendre des établiſſements puiſſent ſçavoir en gros, ce qu'ils doivent s'en promettre. Faiſons d'abord notre calcul pour Paris, qui eſt de tous les endroits le moins favorable pour de pareils établiſſements, & faiſons le pour un fourneau où l'on ne puiſſe convertir que 600 livres de fer à la fois, ce qui n'eſt pas encore un des cas avantageux. Quand ce fourneau aura été chauffé une fois, ſix voyes de charbon ſuffiront pour transformer le fer en acier, ſi les plaques ſont minces, & que le feu ſoit bien menagé. La voye de charbon coûte à Paris à préſent quatre livres dix ſols, ainſi pour les ſix voyes, c'eſt vingt-ſept livres ; c'eſt la forte dépenſe. La ſuye, la cendre, & le charbon pilé ſont des matieres à ſi bon compte, que je ne crois pas, que ce qu'il en faudra revienne à 2 livres. On emploiera 12 à 13 livres peſant de ſel Marin, qui à Paris pourront

ront coûter environ 6. livres. Un Ouvrier sera occupé au fourneau deux jours & une nuit, que nous estimons trois jours; donnons encore deux jours de plus, pour le temps nécessaire à charger le fourneau, à le luter, à piler & sasser les drogues; & payons 20 sols chaque journée de l'Ouvrier occupé à un travail qui ne demande aucune adresse. Ces frais rassemblés se montent à 40 livres, ainsi c'est environ 6 livres 13 sols 4 deniers qu'aura coûté chaque cent de fer pour être converti en acier. Si le charbon ne valoit à present à Paris que 55 sols la voye, comme il y a deux ans, alors il y auroit à déduire 35 sols des frais de chaque cent, qui ne se monteroient plus qu'à quatre livres 18 sols 4 deniers. Aux environs de Paris, où la depense du transport du charbon seroit épargnée, ils ne reviendroient pas à present encore à davantage. Dans le pays où les forges sont établies, ces frais ne sçauroient monter à 4 livres. Et si l'on ne vouloit point assujettir ceux qui feroient ces établissements utiles à prendre du sel de gabelle, ou qu'on le leur fît donner à peu près au prix coûtant, au lieu de 20 sols qu'il en coute en sel pour cent de fer, il n'en coûteroit pas 5 sols. Mais quand on prendroit le sel aux greniers à sel, il ne faut pas compter en entier celui qu'on employe; si on emploie la vieille composition, il sert plus d'une fois; & si on veut lessiver cette composition, on en retirera encore plus de la moitié du sel qu'on y a mis. Si on craignoit qu'il ne fût

Bb

mêlé avec trop de ſels alcalis, il n'y auroit qu'à ſe ſervir de cendres leſſivées pour les compoſitions, où l'on feroit entrer ce ſel. Déduiſant donc pour 10 ſols de ſel par cent, les frais du cent d'acier, ne ſe montent plus qu'à trois livres dix ſols.

Nous n'avons pas fait entrer dans ce calcul les frais de la conſtruction du fourneau, ni ceux des plaques. Ceux de la conſtruction du fourneau, diſtribués ſur pluſieurs fournées, iront à très peu de choſe. Si les plaques ſont faites de bonne terre, elles ne ſçauroient auſſi augmenter la dépenſe de 30 ſols par fournée; les mêmes ſerviront alors plus d'une fois: & ſi elles ſont de fer fondu, elles reviendront encore à moins, quoyqu'elles coûtent davantage de premier achapt, & cela à cauſe de leur longue durée.

Si au lieu de ſe ſervir de charbon, on chauffe le fourneau, que nous avons décrit, au feu de bois, l'opération en ſera plus longue; mais ce qu'il en coûtera en bois, n'ira pas auſſi loin, que ce qu'il en coûte en charbon. Une voye de bois bien menagée entretient le feu dans ce fourneau pendant trois à quatre jours; il en coutera à la verité plus en journées de l'homme occupé à le ſoigner; mais cette augmentation n'ira qu'à peu prés à la diminution qui vient de l'autre part.

De ſorte que ſi l'Entrepreneur vendoit l'acier dans l'état où il eſt lorſqu'il ſort du fourneau, cet acier ne lui reviendroit pas à un ſol par livre

plus que le fer, dont il a été fait. Il ſeroit de l'interêt des Ouvriers qui mettent l'acier en œuvre de l'achetter en cet état; ils achettent aujourd'hui en quelque ſorte à tâtons; la grainure plus ou moins belle, qui paroît ſur les caſſures des billes qu'on leur vend, eſt un ſigne très-équivoque, comme nous le dirons dans la ſuite; ils avoüent qu'ils ne ſçauroient porter de jugement ſur la qualité d'un acier, juſqu'à ce qu'ils l'aient employé; au lieu que s'ils prennoient les aciers tels qu'ils ſortent du fourneau, sûrement ils ne ſeroient pas fardés. Les caſſures de ces aciers ont des caracteres, auſquels, comme nous venons de l'expliquer, on peut reconnoître ce qu'on doit attendre de ces aciers; bientôt les Ouvriers ſeroient en état de juger du premier coup d'œil par ces caſſures des differentes qualités des aciers. Il ne faut pourtant pas eſperer qu'ils achetaſſent à preſent l'acier ſortant du fourneau, on ſera dans la néceſſité de le faire forger en barres, ou en billes. On fera même donner à ces barres, ou à ces billes des figures ſemblables à celles des aciers qui viennent des Pays étrangers; une autre figure arrêteroit le débit; on aura peine même à le vendre au commencement, en le donnant pour être du Royaume. Le préjugé où ſont les ouvriers de Paris ſur cet article leur eſt très-pardonnable; ils ſçavent qu'on a fait beaucoup de tentatives inutiles pour convertir nos fers en aciers, & qui pis eſt, ils ont été trompés pluſieurs fois en achettant de ces ſortes d'acier. Pour

les rassurer, on leur promettra, & on le leur tiendra, de reprendre tout l'acier, dont ils se seront chargés, qui leur aura parû mauvais, & de leur en rendre d'autre poids pour poids. Le préjugé où ils sont montre qu'il n'est pas indifferent de laisser faire des essais sur des matieres qui ont rapport au bien public à toutes sortes de gens; que de pareilles entreprises ne devroient être permises qu'à ceux dont les talens sont reconnus, & qui ont, ou à qui on veut bien fournir, les secours nécessaires pour la réussite. Ces entreprises manquées deviennent des obstacles considérables, pour ceux qui dans la suite seroient en état d'en faire réussir de semblables.

Après que nos barres sont tirées du fourneau, on sera donc à present dans la nécessité de les faire forger, & cette façon ne laissera pas d'augmenter les frais. Ce n'est pas qu'elle soit chere par elle-même; mais c'est qu'il y a toujours un déchet en tout fer qu'on forge; celui-ci pourra aller à un douziéme; par conséquent nos 600 livres d'acier forgées seront réduites à 550 livres. Ces 550 livres doivent porter les frais qui avoient été distribués sur les 600 livres, & de plus ceux du déchet du fer. Le premier article d'augmentation n'est pas considérable, mais le second l'est. Les frais de la conversion sont augmentés par chaque cent d'acier du prix d'environ 9 livres de fer. Car les cinquante livres de fer qui tombent en pure perte doivent être distribuées sur nos 550 livres.

d'acier. Le fer étant à sa valeur commune, celui qu'on emploie pour l'acier ne coutera pas dans les forges mêmes 3 sols la livre, il n'y coute pas davantage à present. Ce sera donc de 27 ou 30 sols que les frais de chaque cent d'acier seront augmentés; quand pour cette considération & divers autres, dont nous n'avons pas parlé, l'augmentation iroit à 50 sols, la façon de la livre d'acier ne reviendroit qu'à dix-huit deniers.

Il y a bien des faux frais que nous n'avons pas fait entrer en ligne de compte, comme le loyer des attelliers où se fera le travail, les gages des Commis préposés à la distribution de l'acier. Ces frais repartis sur l'acier seront d'autant plus petits, que les établissements seront plus considérables; mais il y a si loin du prix des aciers fins qu'on vend dans le Royaume à celui du fer, qu'il est aisé de voir sans autre calcul qu'on pourra donner le nouvel acier à très-grand marché en y trouvant son compte. Pendant que le fer vaut six blancs, ou trois sols la livre, on vend les aciers fins 18 à 20 sols, & parmi ces aciers chers, nos Ouvriers en trouvent beaucoup de rebut. Si on leur vendoit des aciers aussi fins, parmi lesquels il ne se trouvât pas de mauvais mélange, dix sols la livre, ils seroient contents de cette difference. Et si on vendoit l'acier dix sols, le profit qu'il y auroit à faire pour les Entrepreneurs surpasseroit beaucoup celui qu'on fait dans les especes de commerce ordinaires.

Pour avoir négligé quelques précautions, & quelquefois malgré les précautions, il peut arriver des accidents à quelques fournées. Il peut se trouver des aciers qui ne seront pas assés passés, qui ne seront pas convertis à fond, des aciers où il sera resté du fer. Le remede seroit, comme nous l'avons enseigné, de les remettre au fourneau; mais il seroit mieux encore d'avoir, près de sa manufacture, d'autres fabriques où l'on feroit des outils, ausquels ces sortes d'acier conviennent. Ils sont très-propres pour faire des limes, des faucilles, des lames d'épées, & divers autres outils qui valent même mieux, lorsque leur centre est de fer, que lorsqu'ils sont purement d'acier.

A l'égard des aciers qui auront le défaut opposé, ceux qui seront trop passés, qui seront devenus trop aciers, nous enseignerons dans la suite un moyen de les ramener au point où ils doivent être.



Explication de la sixiéme planche.

ELLE représente des morceaux de barres de fer de differentes qualités, qui ont été cassés. Ce qu'on a eu pour objet, ç'a été de mettre sous les yeux les differences de figure, de grosseur, & d'arrangement des parties qui paroissent sur les cassures de differents fers.

La fig. 1. *est la cassure du fer que nous avons nommé à grandes, ou grosses lames.*

La fig. 2. *est un morceau de la cassure du même fer, mais dessiné grossi à la loupe, afin qu'on vît mieux l'irrégularité de l'arrangement des lames, & sur tout qu'il y en a de placées dans differentes inclinaisons.*

La fig. 3. *est la cassure d'une barre de cette sorte de fer, dont nous avons fait la seconde espece; tout est ici occupé par des lames, moins grandes, & moins irrégulierement arrangées que celles de la fig. précedente.*

La fig. 4. *est une portion de la fig.* 3. *grossie à la loupe.*

La fig. 5. *est encore la cassure d'une barre d'un fer de la seconde espece, mais dont les lames sont plus petites que celles du fer de la fig.* 3.

La fig. 6. *est la cassure d'un fer que nous avons placé dans la* 3. *espece. Des lames y sont mêlées avec des grains.*

La fig. 7. *représente séparement les lames de la figure* 6.

La fig. 8. *représente séparemment les grains de la figure* 6.

La fig. 9. est une cassure du fer de la quatriéme espece, les lames y sont en moindre quantité que les grains.

La fig. 10. est la cassure d'un fer grainé, ou d'un fer de la cinquiéme espece. Ce qui paroît uni, au tour de cette cassure, n'est point de la cassure, c'est ce qui a été coupé avec le ciseau, afin que le fer se cassât plus aisément.

La fig. 11. est la grainure de ce fer vue grossie à la loupe. Cette grainure ainsi grossie représente presque celle du fer que nous avons rangé dans la 6. classe.

La fig. 12. est la cassure d'un morceau de quarillon, on a laissé ce fer dans la cinquiéme classe; sa grainure est cependant plus fine que celle de la fig. 10. & a des lames fines.

Fig. 13. Grainure de la fig. 12.

Fig. 14. Lames de la fig. 12.

La Fig. 15. est la Cassure d'une barre de fer de la 7. classe, composée de fibres, qui forment des especes de feüilles.

Explication de la septiéme planche.

LES fig. 1, 2, 5, sont encore des cassures de fer.

La fig. 1. est la cassure d'un fer fibreux, qui differe de celui de la fig. 15. pl. 6. en ce que ses fibres sont plus grosses, & que plusieurs fibres réunies, n'y forment pas des feüilles si distinctes.

La fig. 2. est la cassure d'un fer où l'on voit des fibres, & des grains.


fig. 1.
fig. 2.
fig. 3.
fig. 4.
fig. 7.
fig. 8.
fig. 5.
fig. 6.
fig. 9.
fig. 13.
fig. 14.
fig. 11.
fig 10.
fig 12.
fig. 15.

La fig. 3. *est la cassure d'un fer où il y a un mêlange de grosses & de petites lames, de grains & de fibres.*

La fig. 4. *est la cassure d'une barre de fer fibreux convertie en acier, seulement en partie. Le premier contour, qui a des lames ternes, & marqué en deux endroits par les lignes ponctuées A A, est ce qui est acier. Les lignes ponctuées B B marquent une surface de lames blanches & brillantes; les fibres du fer ont été coupées en cet endroit, qui est prêt de devenir acier, mais qui ne l'est pas encore. Le milieu de la barre a conservé toutes ses fibres.*

La fig. 5. *est la cassure d'une barre de fer de bonne qualité qui a été convertie en acier. On y voit par tout des lames, mais plus petites, & plus ternes près des bords, que vers le centre.*

La fig. 6. *est la cassure d'une barre, dont la partie a a, b b, est bien convertie en acier, quoyque la partie a a, c c, soit restée fer; & cela parce que la composition qui couvroit cette derniere partie aiant eu jour, s'est brûlée dans le fourneau. G, grosse bulle, g, petite bulle.*

La fig. 7. *est la cassure d'une barre de fer convertie en acier, mais qui a eu un feu trop long. Ses lames sont trop ternes, & un peu trop petites en quelques endroits, elle n'a que des grains fins comme des points. G, grosse bulle, ou boursuflure de la surface. g petites boursouflures. La ligne ponctuée O marque une boursouflure, un boüillon qui s'est fait dans l'intérieur de la barre.*

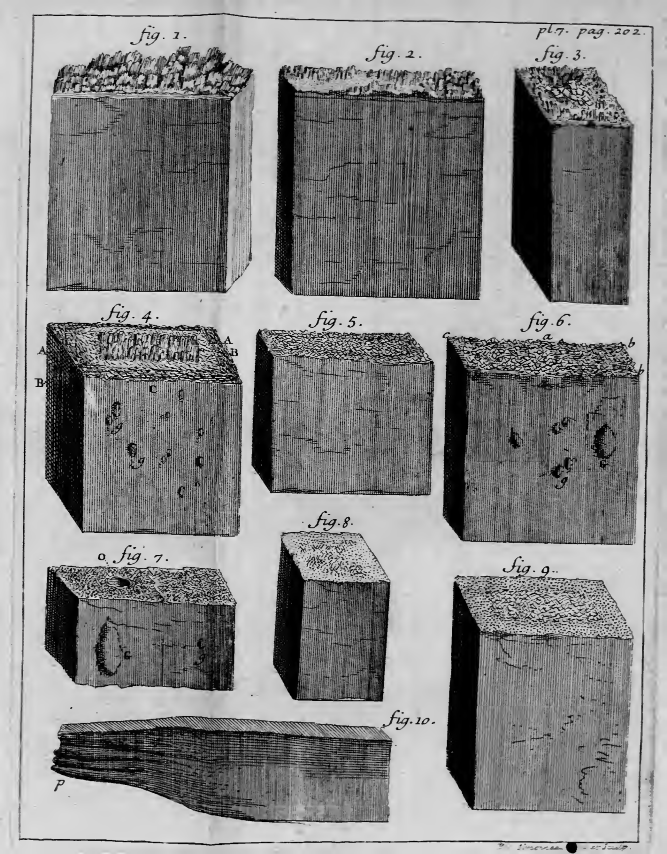
La fig. 8. *montre la cassure d'une sorte de fer qui prend toujours de très-petites lames en se convertissant en acier.*

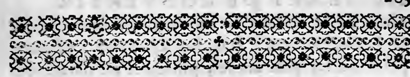
La fig. 9. *est la cassure d'une barre de fer de la secon-*

de espece, dont tout le milieu a encore ses lames brillantes, & n'est nullement changé en acier. Ce qui entourre cette partie est converti en acier, mais au lieu des lames, qu'ont les bons aciers, celui-ci n'a que des grains aussi fins que des points.

La fig. 10. *est celle d'une barre large qui aiant été forgée sur son épaisseur a pris différents plis p. quoyqu'on efface ensuite ces plis en frapant dessus, l'acier est sujet à s'ouvrir à la trempe, dans les endroits où ils ont été.*




pl. 7. pag. 202.
fig. 1.
fig. 2.
fig. 3.
fig. 4.
A
A
B
B
C
C
g
g
fig. 5.
fig. 6.
a
b
b
c
g
fig. 7.
o
G
fig. 8.
fig. 9.
fig. 10.
P



SEPTIE'ME MEMOIRE,

Où l'on établit le caractere de l'acier, en quoy il differe essentiellement du fer, & cela en suivant les opérations qui changent le fer forgé en acier.

IL ne me paroît pas qu'on nous ait donné jusqu'à present d'idée nette de ce qui caracterise véritablement l'acier, de ce en quoy il differe essentiellement du fer. Dans le langage commun des Auteurs qui traitent des matieres metalliques, il est un fer plus pur, un fer plus parfait, un fer plus affiné ; Rohault, par exemple, avec cent autres, nous en donne cette derniere idée, qui non seulement n'est pas exacte, mais qui exactement parlant est fausse, si nous jugeons de la finesse, de la pureté du fer, comme de celle de tous les autres metaux. Le metal le plus fin est celui qui est le moins mêlé avec des matieres étrangeres. Affiner l'or, c'est lui ôter de l'argent, ou du cuivre avec lesquels il étoit mêlé ; affiner l'argent, c'est de même lui enlever le cuivre, ou les autres matieres étrangeres qui sembloient faire corps avec lui. Selon cette notion commune, & selon ce que nous avons vû dans les memoires qui ex-

pliquent la maniere de convertir le fer en acier, il est évident que l'acier ne doit point être appellé un fer plus affiné, puisqu'il ne paroît pas qu'on enleve aucune matiere terreuse, metallique, ou de quelqu'autre nature au fer qu'on convertit en acier; on lui ajoute plûtôt qu'on ne lui ôte, & ce qu'on lui ajoute n'est pas fer.

C'est s'exprimer d'une façon encore plus équivoque que de nommer l'acier un fer plus parfait. Un metal n'est plus parfait en soi, qu'autant qu'il contient plus de sa matiere propre; dans ce sens être plus parfait, ou plus affiné, sont la même chose. Mais si on mesure les degrés de perfection d'un metal par rapport à nos usages, que l'état dans lequel il nous est plus utile, soit appellé l'état le plus parfait, on ne trouvera pas encore que l'acier l'emporte sur le fer. Le fer doux nous est aussi nécessaire pour certains ouvrages, que l'acier l'est pour d'autres; si on ne tiroit jamais des mines, que de l'acier, on auroit eu besoin de chercher le secret de changer l'acier en fer, comme on a cherché celui de changer le fer en acier; autant que ce dernier nous est nécessaire pour les couteaux, ciseaux, rasoirs, haches, pour tous les outils à taillants; autant l'autre nous l'est-il pour les essieux des voitures, pour les bandes des roües, pour les leviers, pour les bâtiments, pour les canons de fusils, en un mot, pour tous les ouvrages qui ne doivent pas être cassants. Par rapport même à certains ouvrages, le fer aigre pourroit être

regardé comme plus parfait que le fer doux, par rapport à tous ceux à qui il importe peu d'avoir de la souplesse, & qu'on veut très-polis.

Nous avons deux manieres de mieux caracteriser l'acier, sçavoir ou par ses effets, ou par la nature même de sa composition. Nous le distinguerons d'abord du fer par ses proprietés sensibles, par celles que les expériences les plus communes découvrent. Nous verrons ensuite en quoy consiste sa nature intime, d'où il tire les proprietés qui lui sont particulieres ; des réflexions sur les opérations qui l'ont rendu acier, doivent naturellement nous conduire à ces connoissances.

Ce qui distingue le plus sensiblement l'acier du fer, c'est de ce qu'après avoir été chauffé jusqu'à un certain point & étant ensuite trempé dans l'eau, ou dans quelqu'autre liqueur froide, ou qu'en general étant refroidi subitement, il prend une dureté considérable, & qu'il devient en même-temps cassant; que si on le casse dans un des endroits, où il a été trempé, les surfaces de la cassure paroissent remplies d'une infinité de grains, qui à la vûe simple semblent approcher de la figure ronde. Tout cela n'arrive point au fer qui a été chauffé & trempé dans les mêmes circonstances que l'acier.

Si on laisse refroidir l'acier dans le même foyer ou il a été rougi, si on ne le trempe point, on ne peut plus le distinguer du fer par les signes précedents ; il est presque aussi mou qu'un fer doux.

il ne résiste guére davantage à la lime ; il y résiste pourtant toujours un peu plus, & c'est la raison pour laquelle les Ouvriers qui font d'acier certains ouvrages qui pourroient être faits de fer, des boucles, par exemple, les vendent plus cher, que la difference du prix des matieres ne le demanderoit, parce que le travail en est un peu plus long. L'acier alors n'est guére plus cassant que le fer, sa cassure n'a plus des grains pareils à ceux qu'elle eût eu, s'il eût été trempé, elle differe pourtant toujours de la cassure des fers communs. Jamais on n'y voit de lames brillantes, & jamais elle n'est couverte de grosses fibres, comme celle du fer doux ; quand elle a des fibres elles sont fines, mais pour l'ordinaire elle a quelque ressemblance avec celles des fers à grains ; si elle en differe, c'est principalement en ce que ses grains sont plus ternes.

Une difference moins sensible que les précedentes, mais connuë des Ouvriers qui travaillent le fer & l'acier, c'est que l'acier s'échauffe plus aisément ; à feu égal, il prend plus vîte la couleur qui dénote un certain degré de chaleur que ne feroit du fer de pareille grosseur.

Ces differences du fer à l'acier sont aisées à appercevoir, il nous faut chercher celles sur lesquelles la vûë n'a point de prise, c'est-à-dire, ce que la composition intime de l'acier a de particulier. Nous n'avons point de voye plus sûre pour arriver à le découvrir, que d'observer les chan-

gements qui se sont faits dans le fer qui a été rendu acier, comment les matieres emploiées à cette conversion ont operé ; suivons donc les procedés que nous avons rapporté en faisant quelques réflexions sur leurs circonstances.

On renferme des barres de fer dans un creuset ; chaque barre y est entourée par une composition qui contient beaucoup de matieres sulfureuses, ou inflammables, & de matieres salines. On chauffe ce fer jusqu'à devenir rouge, ou rouge blanc. Le feu dilate le fer, à mesure qu'il le pénétre ; il écarte ses parties les unes des autres ; mais à mesure que les parties du feu entrent, elles font entrer avec elles des parties sulfureuses. Le feu n'est lui-même que des parties sulfureuses, mais toutes les parties de cette nature que le feu porte avec lui, ne sont pas enflammées au point nécessaire pour les consumer ; le feu de nos cheminées ordinaires en donne la preuve. La suye qui y est déposée, a été mêlée avec la flamme, elle en a fait partie, & est cependant restée une matiere trés combustible.

Les parties sulfureuses n'entrent pas seules dans le fer, elles sont accompagnées de parties salines. Le degré de chaleur qui est asés violent pour forcer ces sels à se sublimer jusqu'au dehors du fourneau, comme nous l'avons rapporté ailleurs, a sans doute asés de force pour les faire pénetrer dans le fer, qu'ils entourent. De plus les matieres sulfureuses sont des vehicules qui aident ex-

trement les ſels, on ſçait combien elles peuvent augmenter leur volatilité. Mais ici le ſecours eſt apparemment réciproque, les ſels facilitent l'introduction des ſoufres, comme les ſoufres facilitent la leur; ils ſont connus pour de puiſſants diſſolvans du fer. Le fluide enflammé dans lequel ils nagent ſe trouve par leur moyen en état d'agir plus efficacement contre le fer, de s'y ouvrir plus aiſément des routes; auſſi rendons-nous des compoſitions plus actives en ajoutant des ſels à des matieres qui en contiennent déja. Mais les ſels ſeuls agiroient foiblement, s'ils n'étoient portés ou pouſsés par les parties ſulfureuſes, ou plutôt ils n'agiroient point du tout. Nous l'avons vû par les expériences que nous avons faites avec des ſels ſeuls, & que nous avons rapportées dans le premier Memoire; le mêlange des huiles & des ſels y a été prouvé abſolument néceſſaire.

Il eſt donc viſible que des ſoufres, & des ſels s'introduiſent dans le fer qui eſt en place pour être converti en acier; que la converſion du fer n'eſt avancée qu'à proportion du chemin qu'ont fait les parties ſulfureuſes & ſalines, & que quand il eſt devenu entierement acier qu'elles l'ont penetré juſqu'au centre. Plus on continuë à chauffer cet acier, plus on lui donne les qualités d'acier. La conſéquence à laquelle on eſt conduit néceſſairement, & que nous avons déja tirée par avance, ou au moins inſinuée dans quelques-uns des Memoires précedents, eſt donc que l'acier conſideré

ſideré dans le temps où on le retire du fourneau, eſt un fer plus pénétré de ſoufres & de ſels que le fer ordinaire; car on n'imaginera pas qu'il y a une circulation continuelle, qu'il ſort continuellement autant de parties ſulfureuſes & ſalines du fer, qui eſt en opération, qu'il y en entre; & pour peu que cette idée, qui n'eſt appuyée ſur aucunes preuves, donnât de ſcrupule, il ſeroit levé, ſi on ſe rappelle une des obſervations du Memoire précedent; ſçavoir que le fer qui a été converti en acier a augmenté de poids. Cette augmentation, quoyque peu conſidérable, ne ſçauroit être attribuée qu'aux nouvelles matieres qui s'y ſont introduites, & qui ne peuvent être que des portions de celles, dont il étoit environné.

L'acier nouvellement fait, l'acier qui vient d'être tiré du fourneau, qui n'a pas encore ſouffert le marteau depuis qu'il eſt acier, differe donc du fer parce qu'il eſt pénétré de plus de parties ſulfureuſes & ſalines; pour remettre cet acier dans l'état de celui qu'on façonne pour nos uſages, il ne reſte qu'à lui donner une chaude & à le forger. Le marteau rapproche ſes parties, qui pendant la transformation avoient été trop écartées, & le rend tel que ſi on le caſſe enſuite, ſoit après l'avoir laiſsé refroidir doucement, ſoit après l'avoir trempé, ſa caſſure eſt differente de celle qu'avoit le même acier, avant d'avoir été forgé.

Le ſeul doute qui pourroit reſter ſur la nature de l'acier ſeroit donc de ſçavoir ſi celui qui

vient d'être forgé differe du fer par la quantité des matieres ſulfureuſes & ſalines, dont il eſt pénétré, comme il en differoit lorſqu'il a été tiré du fourneau. Si pendant qu'on l'a chauffé immediatement ſur les charbons, on n'en a pas chaſsé les matieres qui s'y étoient introduites; enfin ſi les coups de marteau n'achevent pas d'exprimer ces mêmes matieres, lorſqu'ils reſſerrent les parties de notre metal. Au moins paroîtra-t-il probable, que plus on chauffera l'acier long-temps, ſur les charbons, plus on le chauffera de fois, plus on le chauffera violemment, & plus on le dépouillera de ſes ſoufres, & de ſes ſels, & plus en même temps on lui ôtera de ſa qualité d'acier, plus on le rapprochera de l'état du fer. Ces dernieres conséquences ne ſont pas ſeulement probables, elles ſont certaines par l'expérience, & ſont elles mêmes des preuves que l'acier ne differe du fer, que parce qu'il eſt chargé de matieres que le feu lui peut enlever. Les meilleurs aciers s'affoibliſſent, ſi on les remet au feu pluſieurs fois. Enfin il n'eſt point d'acier qu'on ne détruiſe, qu'on ne ramene à être fer, ſi on lui fait ſoutenir un trop violent degré de chaleur, ou une chaleur moins forte, mais trop longue. Tous les Ouvriers le ſçavent, ils appellent un acier ſurchauffé, celui qui, pour avoir trop ſouffert le feu de la forge, a preſque perdu les proprietés de l'acier, ou dans lequel elles ſont très-affoiblies; & ils appellent un acier *pâmé*, celui qui, pour avoir

été chauffé encore davantage, n'eſt plus en état de prendre de dureté à la trempe. Cet acier, exactement parlant, eſt redevenu fer. Les Ouvriers négligents, ou diſtraits ramenent aſsés ſouvent, & ſans le vouloir l'acier à l'un & à l'autre de ces états; il m'eſt arrivé plus d'une fois en cauſant avec eux de leurs faire oublier de tirer à temps du feu l'acier deſtiné à quelque outil, cet acier ſur lequel le feu avoit trop agi, devenoit inutile pour l'uſage auquel on l'avoit deſtiné.

Mais ce ſeroit trop étendre ces conséquences, que de croire qu'une chaude ou deux peuvent enlever à l'acier les ſoufres & les ſels qu'il a de plus que le fer. Si ces ſoufres l'ont bien pénétré, ils peuvent ſoutenir une longue action du feu ſans ſe conſumer, la nature de celui qu'on a emploié eſt telle. Quand on retire les barres des creuſets où elles ont été renfermées pour être converties en acier, après deux, trois & quelquefois après plus de 8 à 10 jours de feu, on trouve les matieres, qui ſéparent les barres de fer, encore très-enflammées, capables de flamber encore; quoyqu'elles aient brûlé pendant ſi long tems. Il eſt vrai qu'elles ont été renfermées dans les creuſets aſsés exactement bouchés, que peu de parties pouvoient s'en diſſiper. Mais quand la même matiere inflammable a pénétré juſqu'au centre des petites parties du fer, n'y eſt-elle pas auſſi cloſe que dans les creuſets, lui eſt-il plus aisé de s'évaporer? le fer, qui boit les ſoufres avec avidité, ne les retien-

tiendra-t-il pas bien autrement que le charbon où la suye les retiennent ?

Il paroît donc bien établi que l'acier a plus de soufres que le fer ; il faut une opération de plus pour le dépoüiller de ses soufres, que pour dépoüiller le fer des siens. Je veux dire que si on chauffe trop le fer, qu'on le brûle, qu'on le réduit en écailles, ou en machefer. Si on chauffe trop l'acier, on le réduit à être fer, & ce fer qui a été acier, comme le fer qui n'a jamais été que fer, pour être réduit en écailles, ou en machefer doit être trop chauffé ou brûlé.

On dira des sels tout ce que nous venons de dire des soufres, que non seulement l'acier en est plus pénétré que le fer, quand sa conversion vient d'être operée ; mais qu'il demeure pénétré de ces mêmes sels, tant qu'il subsiste acier. De là vient que les sels les plus fixes sont nécessaires pour changer le fer en acier plus dur, & plus durable. Nous avons rapporté dans le premier Memoire, qu'avec certains sels nous avions changé le fer en un acier, qui après avoir été forgé une seule fois avoit de la dureté, & un très-beau grain, mais qui étant chauffé & forgé une seconde fois étoit méconnoissable, & qu'après la troisieme chaude, on ne le trouvoit plus, ou presque plus, acier. Le défaut ne dépendoit point des matieres sulfureuses, j'y avois emploié les mêmes, & en mêmes doses, que dans d'autres experiences, où le fer avoit été transformé dans l'acier de la qualité la plus du-

rable ; c'étoient donc des ſels que naiſſoient ces differences. Ces aciers ſi peu fixes, car on peut bien leur donner le nom, étoient l'ouvrage de ſels trop volatils, ou devenus tels par quelque circonſtance.

On rencontre des aciers qui pendant qu'on les forge & chauffe, répandent une odeur de ſoufre ſemblable à celle du ſoufre commun. Les acides vitrioliques, & la partie huileuſe du fer s'y ſont réunies en proportions néceſſaires pour compoſer ce ſoufre. J'ai fait de ces ſortes d'aciers, en entourant le fer de beaucoup de vitriol, & de charbon en poudre mêlés enſemble; ils ſont & difficiles à travailler, & peu durables. La compoſition a été abreuvée d'eau forte, dans une de nos expériences du premier Memoire, elle a changé le fer en un acier qui n'a pu ſoutenir deux chaudes.

Auſſi le ſel marin, qui eſt un des ſels des plus fixes, celui qui s'unit le mieux au fer, celui qui y tient davantage, eſt de tous les ſels celui que les expériences nous ont montré être le plus propre à contribuer à changer le fer en excellent acier. Mais ſi on me demandoit ſi le ſel dont le fer a été empreint a conſervé ſa nature de ſel marin ; ſi même, avant de s'introduire dans le fer, il n'a point changé de nature; ſi l'acide du ſel marin, détaché par la violence du feu, joint aux parties huileuſes fournies par les matieres dont il eſt environné, n'a pas formé un ſel ammoniac,

qui s'eſt introduit dans le fer, ou ſi le ſel marin s'introduit tel qu'il eſt ? c'eſt ſur quoy on ne ſçauroit prononcer avec autant de certitude. Les obſervations ne peuvent pas aller juſques-là ; elles nous ont pourtant appris que la chaleur de nos fourneaux eſt ſuffiſante pour ſublimer le ſel marin juſqu'au dehors de ces fourneaux ; peut-être ne lui eſt-il pas plus difficile de le contraindre à s'engager dans le fer, dont les parties ſont plus écartées, que dans le temps où il eſt froid. Si cependant on vouloit ſoutenir que les ſels qui pénétrent le fer, ne ſont que des eſpeces de ſels ammoniacs, on n'avanceroit rien que de très probable ; notre fer eſt environné des matieres avec leſquels on compoſe cette ſorte de ſel. Mais peut-être eſt-il plus probable encore qu'avec ces ſels ammoniacs, il s'introduit dans le fer, non ſeulement de l'acide du ſel marin, mais du ſel marin même en ſubſtance, comme nous voyons qu'il s'en ſublime, & que l'acier a une qualité d'autant plus durable qu'il y eſt plus entré de cette ſorte de ſel.

Si on vouloit ſoutenir, au contraire, que les ſels qui s'introduiſent dans le fer pendant notre opération ſont des ſels alcalis qui abſorbent enſuite les acides de notre metal, peut-être ſeroit-ce une propoſition qu'on pourroit défendre, quoyqu'elle paroiſſe moins s'accommoder avec la plûpart des faits que nous avons rapporté. Mais pour nous en tenir à ce qui eſt inconteſtable, contentons-nous

de voir que l'acier differe du fer en ce qu'il eſt pénétré de plus de ſoufres, & de ſels, & qu'entre les aciers, les plus durables ſont ceux qui ſont l'ouvrage des ſels les plus fixes.

Nous avons vû que la figure & l'arrangement des parties du fer ont été changés à meſure que nos matieres ſulfureuſes & ſalines l'ont pénétré; qu'il eût des fibres, qu'il eût des grains, tout a été diſposé de façon que la caſſure montre des lames, plus ternes que celle des mauvais fers, & arrangées avec plus de regularité. Le poids du fer a augmenté, & ſon volume a auſſi augmenté en même-temps; d'où il ſuit que ſes parties ont été plus écartées les unes des autres; les matieres qui s'y ſont introduites les ont ſéparées, les ont divisées; & plus l'opération continuë, plus le fer eſt tenu environné des matieres propres à le convertir en acier, & plus les parties du metal ſont divisées La preuve s'en tire d'une des obſervations du Memoire précedent; ſçavoir que du fer qui a été converti en acier, & dont la caſſure a des lames d'une certaine grandeur, fera voir ſur ſa caſſure des lames plus petites, ſi on continue de lui donner le feu plus long-temps, & enfin les lames deviendront ſi petites, elles auront été divisées en tant de parties, qu'elles ne paroîtront plus que des grains. Les lames qui ſont proches de la ſurface ſont toujours plus petites que celles qui ſont vers le centre, les premieres ont été attaquées pendant plus long-temps, & par une plus grande quantité de par-

ties sulfureuses, & salines, elles ont été plus divisées. Nous en pouvons donc conclure qu'il reste moins de grumeaux dans l'acier que dans le fer, il a été, pour ainsi dire, mieux *charpi* ; il conserve cette sorte d'arrangement de parties tant qu'il demeure acier : on a beau le frapper, les parties metalliques restent toujours séparées par les matieres étrangeres. De la laine bien cardée aura beau être comprimée, elle ne formera pas les grumeaux qu'elle formoit avant qu'on la cardât.

L'acier même qui pour avoir été trop chauffé est redevenu fer, conserve des vestiges de cette disposition qui a été dans ses parties. Si il a été de nature à devenir un fer fibreux, les fibres qu'on lui trouve sont incomparablement plus fines, que celles du fer ordinaire de pareille qualité; des parties qui ont été plus divisées se réunissent pour former des fibres plus déliées.

La raison pour laquelle l'acier prend un plus grand degré de chaleur que le fer, pendant la durée du même feu, se présente, pour ainsi dire, d'elle-même. Un metal qui peut donner un plus grand nombre de passages à la matiere du feu, qu'un autre metal, & qui est en même-temps chargé de plus de matiere inflammable, doit être plûtôt échauffé dans toutes ses parties.

Quand nous avons examiné les differentes sortes de fers par rapport aux dispositions qu'ils ont à devenir aciers, nous avons trouvé que les uns ne pouvoient jamais être changés qu'en de mauvais aciers,

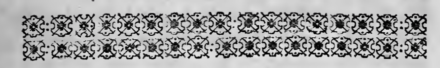
aciers, que d'autres en pouvoient donner d'excellents, qu'il y en a dont la transformation est faite en moins de temps que celle des autres. Alors nous avons fait entrevoir les raiſons de ces differents effets des matieres ſur differents fers, mais nous pouvons à preſent nous faire des idées plus nettes des cauſes de ces differences. Le réſultat du Memoire dont nous parlons a été, que ce ſoit que les fers fuſſent du genre des fers à lames, ſoit de celui des fers fibreux, ou de celui des fers à grains, que les fers de chacun de ces genres ſont d'autant plus propres à devenir d'excellents aciers, que les molecules dont ils ſont composés ſont plus petites. Les fers qui ont les plus petites lames ſont préferables à tous les autres fers à lames. Leurs molecules déja très divisées, peuvent être divisées au point que demande l'acier ſans l'introduction d'une ſi grande quantité de matiere étrangere; il en eſt de même du fer de chaque autre claſſe.

Les fers qui ont une grainure inégale doivent faire des aciers inégaux, des aciers difficiles à travailler. Les matieres ſulfureuſes & ſalines auront pénétré de reſte les petites molecules, quand les groſſes, qui ſont à même diſtance de la ſurface que celles-ci, n'auront pas été ſuffiſamment penetrées. Si les molecules ſont extremement groſſes, comme celles du fer à grandes lames, que ces molecules ſoient, comme elles le ſont toujours, ſéparées par de grands vuides, elles ne tiendront plus aſsés enſemble, quand la maſſe du metal au-

ra pris le degré de rarefaction qu'elle prend pour devenir acier. Il est aisé de même de voir pourquoy certains fers sont changés en acier, en moins de temps que d'autres : ce que nous avons reconnu de la nature de l'acier en general, s'appliquera aisément à chaque cas particulier.

Souvenons-nous donc que l'acier loin d'être un fer plus affiné, un fer plus pur, comme on l'a voulu jusqu'à present, n'est qu'un fer plus penetré de parties sulfureuses & salines, & dont les molecules sont plus petites, mieux charpiés que celles du fer ordinaire. Tout cela a été établi par la composition même de l'acier, par ce qui se passe dans le fer pendant sa transformation. Une sorte de composition de l'acier l'a encore prouvé, lorsque nous avons fait remarquer que la grande violence du feu ramene l'acier à être fer, mais le Memoire suivant donnera à cette derniere preuve, toute l'évidence que des preuves physiques peuvent avoir ; nous y verrons au moins aussi clairement la maniere de décomposer l'acier, que nous avons vû celle de le composer.





HUITIEME MEMOIRE,

Où par la décompoſition de l'acier, on acheve d'établir que ſa difference eſſentielle d'avec le fer conſiſte en ce qu'il eſt plus penetré de parties ſalines & ſulfureuſes. Et où l'on donne en même-temps le moyen de raccommoder la plupart des aciers défectueux.

L'Objet de tous nos Memoires precedents a été d'apprendre à changer le fer en acier, de faire voir ce qui ſe paſſe dans le fer, pour opérer cette transformation ; dans celui-ci nous allons travailler à deffaire notre ouvrage, à ramener l'acier à être fer. Si on croioit ne pas connoître encore aſsés ſa nature, qu'elle n'eût pas paru ſuffiſamment éclaircie par ſa compoſition, ſa décompoſition va, je crois, la mettre dans toute l'évidence qu'on peut raiſonnablement demander. Il eſt heureux en Phyſique quand ces deux voyes opposées concourrent à manifeſter les principes des corps ; mais ce qui n'eſt pas moins heureux icy, c'eſt que la façon de décompoſer l'acier, dont nous voulons parler, fait en même-temps la matiere d'une des parties des plus utiles de notre

art; & c'eſt d'abord par rapport à l'utilité dont elle doit être dans la pratique que nous l'allons conſiderer.

Nous avons parlé tant de fois d'aciers difficiles à travailler, d'aciers qui après avoir été forgés reſtent gerſeux, qu'on a compris de reſte, que c'étoit-là de tous les défauts le plus à craindre, & celui qu'on eſt le plus ſouvent exposé à rencontrer; il y a des fers qui, quelque choſe qu'on faſſe, ne donnent jamais que de ces mauvais aciers, auſſi les avons-nous exclus. Mais nous avons vû que les aciers venus des meilleurs fers auront cette mauvaiſe qualité, ſi les matieres qui ont agi ſur ce fer n'ont pas été emploiées en quantité, & en doſe convenables, qu'une trop longue durée de feu peut produire le même mal. Nous avons à la verité tâché de donner des regles; mais comment s'aſſûrer que les Ouvriers ſeront toujours aſsés attentifs à les ſuivre? ſi cependant ils y manquent, on eſt exposé à des pertes qui peuvent renverſer des établiſſements qui euſſent été avantageux. Dans les nouveaux établiſſements tout eſt à craindre, ſur tout parmi nous, dont le caractere n'eſt pas d'avoir la patience de ſurmonter les difficultés.

L'acier, en general, eſt preſque toujours moins aiſé à travailler que le fer, or dès que l'acier differe du fer, parce qu'il eſt plus penetré de parties ſulfureuſes & ſalines, il eſt naturel de penſer que plus l'acier ſe trouvera chargé de ces parties, & plus il ſera difficile à mettre en œuvre. Cet acier diffi-

cile à travailler, comme nous l'avons repeté tant de fois, eſt celui qui a ſoutenu l'action de trop de matieres ſulfureuſes & ſalines, ou une action trop longue de ces matieres, c'eſt-à-dire, que c'eſt celui dans lequel ces matieres ſe ſont introduites en trop grande quantité. Il devient, pour ainſi dire, trop acier, il n'a plus aſsés de molecules de ſubſtance metallique, de ſubſtance ferrugineuſe par rapport aux molecules des matieres étrangeres; les parties metalliques ſe trouvent trop ſéparées les unes des autres. Si on chauffe un tel acier, ce qu'il faut toujours faire pour lui donner la forme d'outil, le feu écarte encore les unes des autres des parties déja trop écartées, elles ne tiennent plus aſsés enſemble pour ſoutenir le marteau, & reſter liées; l'acier ſe creve, ſe fend ſous les coups, ou au moins reſte plein de fentes & de gerſures dans les endroits où ſes parties étoient le moins adherantes.

La cauſe du mal connuë met au moins en chemin d'y chercher le vrai remede; il étoit bien naturel de tâcher d'en trouver un qui empêchât d'être inutiles des aciers qui ne ſont devenus tels que par le défaut de prudence, ou d'attention des Ouvriers: pour rendre ces aciers plus traitables, moins rebelles, ſelon le raiſonnement précedent, tout ſe réduiſoit à les dépoüiller de ce qu'ils s'étoient chargés de trop de ſoufres & de ſels.

L'expedient qui me vint le premier en idée, & qui ſembloit y devoir venir le premier, fut de mettre des aciers difficiles à travailler au milieu de

charbons bien allumés, & de leur faire souffrir ce feu aussi long-temps que l'experience le montreroit necessaire, que de la sorte on parviendroit à brûler les soufres & à faire évaporer les sels superflus. C'est beaucoup que le raisonnement mette dans la bonne voye, on n'en doit pas attendre, en matiere de Physique, qu'il fasse tout prévoir. Inutilement, exposai-je mes aciers à un feu long, soit doux, soit violent; ils s'y brusserent en partie, il y eut un déchet considerable par les écailles qui s'en detacherent, & leurs défauts ne furent point ou peu corrigés. Je ne doutai nullement que si, après avoir soutenu ce feu, ils étoient resté intraitables, que ce ne fut parce que l'huile & les acides du charbon avoient rendu à leurs parties interieures autant de ces matieres que la chaleur leur en avoit enlevé. C'est cette derniere réflexion qui m'a presque conduit en vrai denoüement, qui est tout ce qu'on peut désirer de plus simple. Il ne suppose aucun appareil de procedés, aucune complication d'opérations, il n'a rien de ce qui peut donner un air de merveilleux, mais il n'en sera que plus utile pour la pratique. Il falloit enlever à l'acier ses soufres & ses sels superflus, le feu étoit le seul agent, à qui on pût avoir recours; mais il falloit empêcher que les matieres enflammées ne rendissent autant de soufres & de sels à l'acier que le feu lui en enleveroit, c'est ce qu'on devoit espe-rer d'empêcher dès qu'on feroit extremement chauffer l'acier, sans l'exposer à l'action imme-

diate de la flamme. Suivant cette idée, je renfermai des aciers les plus intraitables dans des creusets, ou dans des caisses de terre ; je lutai les creusets & les caisses de toutes parts, de façon que la flamme n'y pouvoit avoir aucune entrée : quand ces aciers y eurent soutenu une certaine durée de feu, que nous déterminerons assés précisément dans la suite, ils se laisserent travailler aussi aisément que l'on le pouvoit souhaiter ; après avoir été forgés, on ne voioit plus sur leurs surfaces ni fentes, ni gersures.

J'ai repeté plusieurs fois cette experience avec le même succés ; il est cependant arrivé dans quelques circonstances que l'acier s'est écaillé, & cela lorsque la flamme a pu s'insinuer dans les creusets, ou lorsque le feu a été trop violent. J'ai donc crû devoir chercher à rendre l'opération non seulement plus sûre, mais encore plus prompte. Les experiences qui ne réussissent pas, par rapport à ce qu'on cherche, ont souvent d'autres usages, quand on veut bien être attentif à leur succés. Lorsque j'ai tâté les differentes matieres, par rapport à la conversion du fer en acier, j'en ai éprouvé quelques-unes, que j'ai reconnu entierement incapables d'y contribuer, mais j'ai observé, & j'ai eu soin d'en avertir dans le premier Memoire, que quelques-unes de ces mêmes matieres étoient propres à adoucir le fer, & qu'elles auroient dans la suite leur utilité ; aussi allons-nous commencer à apprendre à en faire usage. Aiant donc observé que diverses

matieres terreuses & très-alcalines augmentoient la soupplesse du fer, il étoit naturel de penser qu'elles rendroient les aciers plus traitables. Les raisonnements rapportés ci-dessus devoient fortifier cette idée, des matieres qui boivent avidement les soufres & les sels devoient être propres à dépoüiller l'acier de ce qu'il en a de trop.

J'ai donc essayé l'effet que produiroient sur l'acier diverses sortes de matieres terreuses; j'ai arrangé dans des creusets quarrés des lits de barres d'acier intraitable, je les ai separés les uns des autres par des lits de ces matieres. Dans quelques creusets c'étoit de la marne en poudre, dans d'autres de la glaise, dans d'autres de cette craye, que nous nommons communément Blanc d'Espagne, dans d'autres de la chaux vive, dans d'autres de la chaux éteinte, dans d'autres du plâtre, dans d'autres du verre pilé, & dans d'autres de la chaux d'os, c'est-à-dire, des os bruslés au point de se laisser reduire en poudre. Après avoir bien luté les creusets, je leur ai fait soutenir la chaleur que j'ai crû convenable. La plupart de ces matieres ont contribué à rendre l'operation plus prompte, & ont parfaitement adouci les aciers, mais la chaux d'os, & la craye ont pourtant merité la préference.

Les terres qui contiennent plus de sels, comme la marne & la glaise ont eu un effet plus lent, & ont même quelquefois fait écailler l'acier. Le plâtre a encore plus mal réussi; il l'a fait fondre, lorsque j'ai donné une chaleur un peu vive, &

à

à une chaleur moderée, il l'a fait écailler considérablement. Le verre en poudre ne m'a point paru contribuer à adoucir l'acier.

Soit qu'on choisisse la chaux d'os, soit qu'on prenne la craye, ou quelque autre matiere terreuse, ce ne sont pas des matieres qui encheriront fort l'operation. La craye coute peu ; pour la chaux d'os, nous indiquerons dans la suite de cet ouvrage la façon simple de la préparer, & où on se peut fournir abondamment de quoy la faire ; comment il faut la réduire en poudre. On verra alors qu'il n'y a pas à apprehender que la consommation en soit considérable ; ce détail se trouvera placé dans un endroit où il est encore plus important qu'ici. Nous ajouterons seulemenr qu'avec cette poudre on mêlera environ le tiers du poids de poudre de charbon. La raison qui engage à ajouter du charbon se trouvera encore expliquée dans l'endroit auquel nous renvoyons.

Nous avons déja dit que nous avons disposé ces poudres dans des creusets, lits par lits avec les barres d'acier ; mais pour le travail en grand, on les mettra dans les fourneaux même où l'on renferme les barres qu'on veut convertir en acier, & cela précisément comme nous l'avons enseigné ailleurs pour faire l'acier ; & on lutera les creusets de ces fourneaux avec les mêmes précautions.

A l'égard de la force, & de la durée du feu qu'on doit donner aux barres d'acier pour corriger leur défaut, c'est sur quoy on ne peut pas

établir de regles generales, elles varieront selon la figure & la grandeur des fourneaux dont on fera usage, selon la quantité & l'épaisseur des barres qu'on y mettra. Mais ce qui doit tenir lieu de regles plus précises, c'est que pour adoucir l'acier, pour le rendre traitable, il ne faut au plus que le quart de la durée du feu qu'il a fallu pour l'amener de fer à être acier, supposé qu'on se serve du même fourneau. Nous donnerons pourtant encore une autre regle plus sûre & plus commode, mais ce ne sera qu'après que nous aurons fait quelques réflexions sur le succés de cette opération.

Ce même acier, qui, lorsqu'il a été renfermé dans les creusets, ne pouvoit soutenir le marteau, lorsqu'on l'en retire se laisse presque forger comme le fer. Nous avons fait entendre de reste, que ce qui le rend si traitable, c'est que le feu que nous lui donnons lui enleve ses soufres, & ses sels superflus sans lui en rendre d'autres. Reste à examiner pourquoy le succés de l'opération est beaucoup plus prompt, quand des matieres alcalines, comme la craye, & la chaux d'os enveloppent notre acier, que quand il est seul dans les creusets. Quand il y est seul, quand il n'est entouré que d'air, quoyque le feu lui enlevât aussi aisément ses soufres & ses sels, l'acier n'en seroit pas dépoüillé en aussi peu de temps. Aussi tôt qu'ils sont sortis de l'acier, ils ne s'échappent pas tous des creusets bien lutés où ce metal est renfermé;

une partie circule apparemment dans ces creusets, l'acier la reboit, il s'en charge de nouveau; c'est en quelque sorte faire sécher un linge moüillé dans un vase asses bien bouché; le soleil pourroit faire élever en vapeurs l'eau de ce linge, mais une partie de la même vapeur retomberoit bien-tôt dessus; au lieu que les matieres alcalines s'emparent des soufres & des sels que le feu chasse hors de l'acier, comme elles en sont dénuées, elles les conservent.

Le contact immediat de l'acier, & de ces mêmes matieres est encore utile par une autre considération; dès que les soufres & les sels ont été conduits à la premiere surface du fer, ils sont saisis par nos matieres terreuses. Qui a vu enlever une tache de graisse ou d'huile de dessus quelque habit avec de la craye de Briançon, ou quelqu'autre terre grasse, a vû apparemment quelque chose semblable à l'effet de nos crayes & de nos chaux sur la surface de l'acier. La surface extérieure de l'acier, sa premiere couche est donc bien-tôt dépoüillée des soufres & des sels que le feu y a amenés, nos matieres alcalines les boivent; cette premiere couche de l'acier boit à son tour les soufres & les sels de la seconde couche, jusqu'au centre les parties de l'acier s'ôtent chacune quelque chose pour fournir à l'évaporation qui se fait sur la premiere surface.

Veut-on une preuve que tout se passe de la sorte, une preuve qui acheve de démontrer ce que

que nous avons voulu établir jusqu'ici, que l'acier n'est qu'un fer plus penetré de matieres sulfureuses & salines, une seule observation la fournira cette preuve, & fera voir que toute notre opération ne tend qu'à décomposer l'acier. Si on chauffe, trempe & si on casse ensuite un morceau d'acier, qui a soutenu le feu dans nos creusets pendant quelque temps, on voit que toute sa premiere couche est pur fer; c'est une bille d'acier qui est enveloppée d'une feüille de fer aussi mince qu'une feüille de papier. Si on pousse l'opération plus loin sur un autre morceau d'acier, si on lui fait souffrir le feu plus long-temps, on lui trouve une couche de fer plus épaisse. Une durée de feu encore plus longue ne laisse de l'acier que vers le centre. Enfin si l'on pousse l'opération à bout, l'acier disparoît entierement, le barreau est retourné à sa premiere condition de fer; & ce qui est à remarquer, c'est que cela arrive sans un feu violent, à un degré de chaleur que l'acier soutiendroit sur les charbons le même temps sans changer de nature.

Après avoir donné, par bien des expériences, la maniere de convertir le fer en acier, celles de ce Mémoire nous apprennent la maniere de ramener l'acier à être fer. Nous avons donc sa composition, & sa décomposition: pour rendre le fer acier, nous l'avons entouré de matieres qui pouvoient lui fournir des soufres & des sels; pour le rendre fer nous l'entourons de matieres qui peuvent boire ces mêmes soufres, & ces mêmes sels.

Les remarques Physiques ne sont pas aussi souvent inutiles pour la pratique qu'on le croit communement. Nous verrons dans la suite de grands usages de celles-ci ; à present nous en tirerons la regle la plus utile pour déterminer la durée du feu qu'on doit faire soûtenir aux aciers dont on veut corriger les défauts. Je suppose que pour adoucir l'acier, pour le rendre traitable, qu'on l'a renfermé dans le même fourneau que nous avons décrit pour faire cet acier, ou qu'on s'est servi de quelqu'autre fourneau de dedans lequel on peut, quand on veut, retirer une barre sans déranger les autres. Pour se conduire sûrement, après quelques heures de feu, on tirera une barre d'acier du fourneau, on la trempera, & on la cassera ensuite : si tout au tour de sa cassure on apperçoit un cordon de fer, il est temps de tout retirer du fourneau ; si ce cordon n'y est point encore, il faut continuer le feu, & repeter l'épreuve sur une nouvelle barre.

Les aciers adoucis, rendus traitables au moyen de notre opération sont donc tous enveloppés d'une espece de feüille de fer très-mince. Peut-être regarde-t-on cette conséquence comme un grand inconvenient ; peut être pense-t-on qu'il ne faut pas tant faire valoir un secret qui corrige des défauts pour en donner d'autres ? Mais loin que l'on doive reprocher à notre opération la couche de fer mince dont elle recouvre l'acier, on doit l'estimer comme un de ses meilleurs effets, & comme

celui qui dédommage de reste de la petite dépense où elle engage.

Il est vrai que les barreaux ou billes d'acier dans lesquelles il reste du fer, sont regardés comme défectueuses par les Ouvriers ; & ils ont raison ; mais c'est que le fer n'y est pas placé, comme dans celles qui ont souffert nos recuits. Dans les aciers ordinaires le fer y est par veines irrégulieres, & qui souvent occupent le centre, ou qui en sont proche ; là il ne peut être que nuisible ; quand on vient a applatir la bille pour en faire un outil tranchant, il arrive que le fer se trouve en partie dans le tranchant même, ce qui le gâte. Mais la feüille de fer mince, & égale, qui enveloppe simplement nos aciers recuits ne peut jamais nuire ; elle ne se trouve jamais dans l'outil quand il est fini ; elle est si mince qu'elle peut à peine fournir aux écailles qui se détachent de l'acier pendant qu'on le forge pour en faire un outil ; & quand il en resteroit quelque chose, ce qui resteroit, se trouvant à la surface, seroit emporté par la lime.

Au lieu donc de regarder cette couche de fer comme nuisible, nous conseillons de la rendre plus épaisse que l'adoucissement de l'acier ne le demande ; il y a même des cas où il sera avantageux de l'avoir très-épaisse. Si les Ouvriers se conduisoient ordinairement par raison, dès qu'il auroient essayé des aciers enveloppés de fer, ils les demanderoient préferablement aux autres ; mais il faut plus d'un jour, avant de les accoutumer à trouver bon ce

dont ils ne sont pas dans l'habitude de se servir ; il est même difficile de les déterminer à éprouver ; mais pour peu qu'ils éprouvent, ils trouveront aux aciers recuits bien des avantages sur les autres, en voici quelques-uns. 1°. Les aciers fins veulent être chauffés avec une grande attention, ils soutiennent difficilement le degré de chaleur, qu'on a souvent besoin de leur donner, ils se bruslent aisément ; quand ils seront couverts de fer, ils se brusleront bien plus rarement, il y a beaucoup de cas où on est obligé de les en couvrir.

2°. Quelque outil qu'on fasse comme rasoirs, ciseaux, couteaux, canifs, on a beaucoup à travailler à la lime ; mais la lime mord plus aisément sur le fer que sur l'acier, ce sera donc une commodité d'avoir à limer du fer, plûtôt que de l'acier, quoyqu'on fasse un outil d'acier.

3°. Mais un des avantages des plus considérables de nos nouveaux aciers, c'est qu'il épargneront bien les façons de corroyer & de faire des *étoffes*. Ce n'est guére qu'avec des étoffes que les Couteliers font des taillants qui doivent être les plus vifs, comme font les rasoirs, &c. Pour composer ce qu'ils appellent étoffes, ils forgent séparément cinq lames d'acier de qualités différentes, une de l'acier le plus fin, deux d'aciers mediocres, & deux des plus gros aciers ; ils renferment la lame d'acier fin entre les deux lames d'acier médiocre, & celles-ci entre les deux lames d'acier grossier, ils les soudent, c'est-à-dire, qu'ils les chauffent, &

forgent jusqu'à ce qu'elles fassent corps, & c'est ce qu'ils appellent étoffe. Nous examinerons dans l'Art de la Coutelerie la raison de ce procedé, mais à present nous voulons seulement faire remarquer qu'il tend à composer une barre d'acier de trois degrés de finesse differente. L'étoffe est graduée par trois degrés sensibles, les Ouvriers ne peuvent pas pousser cette graduation plus loin. Les recuits que nous donnons à nos aciers pour corriger leurs défauts, sans autre manipulation, en font des étoffes graduées par degrés insensibles, & infiniment variés. La surface est fer, ce qui est proche de cette surface est sans doute moins acier, acier moins fin, que ce qui en est un peu plus éloigné. La finesse de l'acier va en augmentant insensiblement jusqu'au centre. C'est donc-là la plus parfaite de toutes les étoffes.

4°. Il y a une infinité d'outils & d'instruments sur tout dans la Taillandrie, qu'on est obligé de faire d'aciers soudés entre deux fers; pendant qu'on soude ainsi l'acier, on l'affoiblit, quelquefois on le brusle, & souvent on le soude mal; qu'on prolonge la durée de nos recuits, & on aura des aciers enveloppés de couches de fer aussi épaisses qu'on souhaitera. L'acier sera certainement plus parfaitement soudé à ce fer, que ne l'est jamais l'acier qu'on a mis entre deux fers, & on épargnera cette façon.

5°. En lisant les Memoires précédents & surtout le sixiéme, on aura sans doute remarqué que les barres

barres qui ont été autrefois fer, ne deviennent jamais également acier dans toute leur épaisseur, ce qui approche le plus du centre l'est toujours moins que ce qui en est plus éloigné : c'est cependant dans le centre des barres où il seroit à souhaiter que l'acier fût le plus fin, mais on n'ose faire prendre au centre le dernier degré de finesse, de crainte de rendre la surface trop peu traitable. Au moyen de nos recuits on n'a plus à apprehender que le centre soit un acier trop fin; ils donneront à l'acier une gradation toute contraire à celle qu'il avoit en sortant du fourneau où il a cessé d'être fer, & la plus favorable gradation; ce qui sera près des bords deviendra par degrés acier moins fin, que ce qui approche plus du centre.

Ce n'est pas au reste sur les seuls aciers venus de barres de fer qu'opérent nos recuits, ils produisent un effet pareil sur ceux qui viennent immédiatement des fontes; ils peuvent servir à raccommoder quantité d'aciers que nos Ouvriers ont été obligés de jetter au rebut. En un mot il n'est guére d'aciers que ces recuits ne puissent adoucir, mais il n'en est point qu'ils ne ramenassent à être entierement fer, si on les fait agir asés longtemps.

Il y a des aciers que les recuits ne peuvent qu'un peu raccommoder, & qu'ils ne sçauroient jamais rendre aisés à forger; ce sont ceux qui sont venus des mauvaises especes defer, dont nous avons donné le caractere ailleurs. Les parties de ces fers

tiennent naturellement mal ensemble, on ne sçauroit les séparer les unes des autres par l'introduction d'une nouvelle matiere, quelque peu qu'on les sépare, qu'on les sépare trop. A peine les premieres couches de quelques-uns de ces fers commencent-elles à devenir acier, qu'elles ne peuvent plus souffrir le marteau sans se gerser de toutes parts. Nous avons fait observer que ces sortes de fers sont d'un tissu moins serré, plus spongieux que celui des autres, il y en a qui paroissent même tels à la vûë simple ; leurs molecules ou lames, sont séparées par des vuides sensiblement plus grands.

Lorsque j'ai parlé des premieres tentatives que j'ai faites pour rendre les aciers traitables, j'ai dit que je n'y avois pas réussi en les exposant immédiatement à l'action du feu ; cette proposition generale a besoin de quelque explication, car lorsque le feu que j'ai fait agir immédiatement sur les aciers a été long, sans être excessivement vif, il les a rendus plus faciles à travailler, mais ç'a été avec un déchet considérable; les premieres couches des barreaux s'en sont allées en écailles. J'ai mis de ces aciers dans un de ces fourneaux où on fait les essais de la teneur des mines, le feu n'y est point entretenu par le mouvement du soufflet, il y est asſés doux, les barreaux sont restés une journée entiere exposés à son action ; quand on est venu à les forger, il y a eu plus du tiers de diminution, & cependant la couche de fer dont ils

ſont reſtés enveloppés étoit à peine aſsés épaiſſe pour être ſenſible ; c'en eſt aſsés pour faire voir que l'action immediate du feu eſt entierement à rejetter.

Cette experience & toutes celles qui la précedent nous apprennent pourquoy on affoiblit les aciers fins en leurs donnant pluſieurs chaudes, & pourquoy une ſeule chaude pouſsée a un trop grand degré de feu, en fait ce que les Ouvriers appellent des aciers pâmés, ce qui eſt à proprement parler les détruire, les ramener à être fer : une violente chaleur peut produire ſubitement l'effet que nos recuits doux ne produiſent qu'à la longue.

J'ai crû devoir éprouver ſi au moyen de recuits pareils à ceux que nous donnons aux aciers intraitables, on ne rendroit pas les mauvais fers propres à devenir de bons aciers. J'ai donc fait recuire de ces fers, & après qu'ils ont été ſortis du recuit, je les ai remis au fourneau entourés de matieres qui les ont converti en acier ; mais ils ſont toujours devenus de mauvais aciers. Le recuit emporte bien une partie des ſels ou des ſoufres qu'ils avoient de trop, mais il ne leur ôte pas la diſpoſition qu'ils ont de s'en abreuver exceſſivement ; quand on les entoure de matieres qui peuvent leur en fournir, comme on le fait lorſqu'on travaille à les convertir en acier, ils en prennent au delà de ce qu'ils en devroient prendre.

Au reſte il ſeroit aſsés inutile d'entrer dans le

détail des frais ou engageront les recuits qu'on employera pour corriger les défauts des aciers, il est aisé de juger, par ce qu'il en coute pour convertir le fer en acier, qu'ils n'iront pas loin. Le recuit ne sçauroit couter le quart de la dépense qu'a couté la conversion, & rendra bons des aciers qui eussent resté en pure perte.



NEUVIE'ME MEMOIRE,

Sur l'analogie qu'il y a entre les procedés au moyen desquels on tire des aciers immediatement des fontes, & ceux qui changent le fer forgé en acier. Sur une maniere de faire de l'acier de fer forgé, dont nous n'avons point encore parlé; & pourquoy il est plus aisé de porter les aciers de fer forgé au point de perfection où on les veut, que ceux qui viennent des fontes.

LE fer qui se charge d'une certaine quantité de matieres sulfureuses & salines devient acier, l'acier qu'on a dépouillé de ces mêmes matieres redevient fer; quoyque ces propositions puissent à present être prises pour des principes, il est pourtant bon de voir, comment elles s'accordent avec les differentes pratiques, au moyen desquelles on fait l'acier. Nous avons dit, dans le premier Memoire, qu'on le tire quand on veut immediatement des fontes, c'est même la façon generale; avec les mêmes fontes, sans addition d'aucune matiere, on peut faire ou du fer doux ou de l'acier, en suivant des procedés differents, mais

qui peut-être ne le paroîtroient pas asſés, pour qu'on dût attendre des differences auſſi conſiderables qu'on les trouve entre le fer & l'acier, ſi on connoiſſoit moins, que nous connoiſſons à preſent, le principe de ces differences.

La fonte de fer, cette matiere qu'on a tirée de la mine par la premiere fuſion, eſt ſouvent plus dure que l'acier le mieux trempé, elle eſt incapable de ſoutenir le marteau ſoit à chaud, ſoit à froid; nous ne nous ſommes pas proposés, dans ces Memoires, d'expliquer en détail toutes les opérations qui la ramenent à être un fer forgeable & doux, ni celles qui la changent en acier, tout cela eſt réſervé pour un plus grand ouvrage que celui-ci; mais pour avoir des idées plus claires, plus completes ſur la nature du fer & de l'acier, nous ne pouvons guére nous empêcher de faire voir ici l'analogie qu'il y a entre les aciers tirés immédiatement des fontes, & ceux qui ſont venus de fer forgé: de quelque façon qu'ils ſoient faits, le point eſſentiel eſt de voir qu'ils ſont toujours pénetrés d'une plus grande quantité de ſoufres & de ſels que le fer. Nous venons à la verité de dire qu'on fait quelquefois des aciers avec la fonte ſans lui ajouter plus de ces ſortes de matieres, que quand on en fait du fer; & on n'en ſera pas ſurpris dès qu'on ſçaura que la fonte en a de reſte. Comme nous avons décomposé l'acier pour le ramener à être fer, on décompoſe auſſi la fonte pour la rendre fer doux,

ou pour la rendre acier ; mais on la décompose davantage, on lui ôte plus, quand on la rend un fer doux.

Pour développer davantage cette idée, & pour la prouver en même-temps, remontons encore une fois jusqu'à la mine & disons encore une fois que toute mine de fer est un mêlange de parties terreuses, de parties ferrugineuses & de parties sulfureuses & salines. Les soufres & les sels abondent dans toutes les mines des métaux, il faut souvent leur enlever une partie considérable de leurs soufres avant d'avoir les parties metalliques séparément. Il y a même des mines de fer, comme de celles des autres metaux, qu'on fondroit avec trop de déchet, si on ne commençoit pas par les rotir, c'est-à-dire, par brusler à feu doux une partie de leurs soufres. Parmi ces mines, il y en a qui, pendant qu'on les rotit, répandent une odeur qui est précisément la même que celle que répand le soufre commun pendant qu'il brusle. Que les mines de fer aient été roties, ou qu'elles ne l'aient pas été, elles ont encore considérablement de soufres quand on les jette dans le fourneau ; là se fait leur fusion ; & ce qu'elle opére principalement, c'est qu'elle met les parties metalliques en état de se séparer des parties terreuses. Ces dernieres plus legeres surnagent, après avoir été réduites en une espece de verre ; on donne un écoulement continuel à ce verre pour le retirer de dessus le fluide metallique ;

mais pendant cette premiere fusion les parties metalliques ne laissent guére échapper de matieres sulfureuses & salines, ou n'en laissent pas échapper à beaucoup près asses ; le feu n'en peut guére enlever au fer qui est en bain, il n'a au plus de prise que sur la surface supérieure du liquide. On fait couler hors du fourneau cette fonte, on la laisse figer ; elle est un fer encore mêlé avec quelques matieres terreuses ; car la séparation de toute cette espece de matiere n'a pas pû être exactement faite, mais elle est surtout un fer très-penetré de soufres & de sels. Ce qu'il y a à faire pour affiner cette fonte, pour la mettre en état de souffrir le marteau à chaud & à froid, c'est de la dépoüiller d'une partie de ce qui lui est resté de matiere terreuse, de brusler ses soufres, & lui enlever ses sels superflus, après quoy les parties metalliques étant moins séparées les uns des autres tiendront mieux ensemble : mais on bruslera plus ou moins de soufres, on lui enlevera plus ou moins de sels, selon qu'on la voudra rendre ou du fer, ou de l'acier.

Si on purge bien la fonte de sa partie terreuse, nous dirons dans un moment qu'on y parvient en la fondant une seconde fois, cette fonte épurée de parties terreuses, mais très-chargée de soufres & de sels pourra être regardée comme acier; mais comme l'étant trop en quelque sorte, & étant par là intraitable. Les fers autrefois malleables, qui après être devenus aciers, sont penetrés abondamment

damment de nouvelles matieres sulfureuses & salines, ne peuvent plus soutenir le marteau; ils sont devenus trop acier; ils se sont rapprochés de l'état de la fonte. Il y a plus, si on veut venir à bout de fondre du fer, ou de l'acier, les rendre fluides une seconde fois, il leur faut joindre de nouvelles matieres sulfureuses, & après la fusion ils sont retournés à être une fonte qui approche de celle qu'ils ont été autrefois. Cette nouvelle fonte ne sçauroit soutenir le marteau, on ne viendroit à bout de la rendre malleable, soit à chaud, soit à froid, qu'aprés lui avoir enlevé ses soufres superflus; la fonte ordinaire, la fonte naturelle est dans le même état que cette espece de fonte artificielle, c'est pour abonder trop en soufres, & en sels, que ses parties tiennent si peu ensemble, que quoyque très-dure, elle est très-cassante. L'acier est plus aisé à ramollir par le feu que le fer, la fonte est plus aisée à ramollir que l'acier ordinaire.

Il ne manqueroit rien à la fonte pour avoir les caracteres de l'acier, si elle s'endurcissoit à la trempe. Les fontes blanches ont un degré de dureté qui égale, & surpasse même souvent celui des aciers trempés, de sorte qu'il n'est pas aisé d'essayer avec la lime si sa dureté augmente par la trempe; mais il y a des fontes grises qui sont limables. J'ai chauffé de ces sortes de fontes grises, je les ai trempées rouges; aprés la trempe la lime ne mordoit plus, où mordoit très-difficilement sur les mêmes endroits qu'elle usoit facilement avant qu'ils eussent

été trempés. On peut donc regarder les fontes, & sur tout les fontes bien purgées de toutes matieres terreuses, ou celles qui sont les plus blanches, comme de veritables aciers, mais les plus intraitables. Quand les fontes grises ne prendroient pas autant de dureté à la trempe que les excellents aciers, ce ne seroit pas qu'elles manquassent des soufres & des sels qui caracterisent l'acier, ce seroit la faute des parties terreuses, dont elles sont trop chargées; ces parties ne sont point acier, & quoyque vitrifiées elles cedent à la lime, comme le verre lui-même y cede. C'est donc beaucoup que ces sortes de fontes augmentent sensiblement en dureté lorsqu'on les trempe, c'est une preuve que leurs grains metalliques sont très acier.

De sorte que si on conçoit une progression composée de termes qui expriment les differents états du fer & de l'acier; je veux dire de termes qui expriment des masses de matieres ferrugineuses, dont les parties sont de plus en plus liées ensemble pour résister au marteau pendant qu'on les forge, & qui en même-temps ont toujours moins de parties sulfureuses & salines que les masses qui les précedent, si, dis-je, on conçoit une pareille progression, la fonte bien épurée, bien blanche, en sera le premier terme; elle est le plus haut degré de l'acier. Si on brusle les soufres de cette fonte, mais seulement jusqu'à un certain point, on aura le second terme de la progression, qui sera un acier intraitable, qui restera

plein de gerſures ; mais qui pourtant étant chaud pourra un peu réſiſter au marteau, au lieu que la fonte n'y réſiſtoit point du tout ; & qui trempé ſera extremement dur. Si on ſurchauffe cet acier intraitable, ſi on lui enleve de ſes matieres ſalines & inflammables, on le ramenera au troiſiéme terme de la progreſſion à être de l'acier aisé à travailler, & qui pourra prendre de la dureté à la trempe. Si cet acier, aisé à travailler, eſt enſuite chauffé trop violemment, mais ſeulement juſqu'à un certain point, il donnera, pour le quatriéme terme de la progreſſion, un acier ſurchauffé, c'eſt-à-dire, un acier aisé à travailler, mais incapable de s'endurcir ſuffiſamment par la trempe. Enfin on aura pour cinquiéme terme de cette progreſſion, ce que les Ouvriers appellent de l'acier *pâmé*, ou du fer, ſi on chauffe encore trop fortement l'acier qui avoit été ſurchauffé.

Quoyqu'on ne puiſſe ramener la fonte à être fer ou acier, ſans la faire paſſer par les états moyens de notre progreſſion, on ne la voit pas paroître ſous ces differentes formes dans les forges où on la travaille ; on la fait paſſer tout de ſuite à être acier ; & de même, on la réduit ſans la ſortir de l'affinerie à être fer doux ; mais les paſſages que nous avons indiqué n'en ſont pas moins réels pour n'être pas apperçus, ni être à portée de l'être. Pour nous en convaincre, voyons en gros, en quoy different les procedés, qu'on ſuit pour rendre cette fonte fer, de ceux qu'on ſuit pour la rendre acier.

Veut-on faire du fer, & sur tout du fer bien doux, on prend par préference des fontes blanches. Cette fonte a été moulée en forme de gueuse; un des bouts de la gueuse est placé au dessus de l'affinerie qui est une espece de grand creuset quarré, formé par des plaques de fer, qui n'a que sept à huit pouces de profondeur. L'affinerie est remplie de charbon, il y en a même assés pour couvrir le bout de la gueuse; deux grands soufflets entretiennent un feu violent qui ramollit le bout de la gueuse, qui la fait fondre; elle laisse tomber des goutes, comme on laisseroit tomber le bout d'un bâton de Cire d'Espagne posé au dessus d'une bougie. Un Ouvrier tient dans cette affinerie un grand Ringard, avec lequel il rassemble la matiere qui y tombe, il la paîtrit, il la retourne, & en forme une masse du poids de 80 à 90 livres qui est appellée dans les forges une Loupe. Cette matiere, soit avant qu'elle ait pris la forme de Loupe, soit quand elle l'a prise, est environée de charbon allumé; le vent des soufflets fait circuler la flamme de toutes parts au tour de la loupe; il n'y a même aucune partie de la masse contre laquelle elle ne soit dardée violemment. Mais ce à quoy il y a sur tout à faire attention ici, & ce que nous ne retrouverons point quand on voudra faire de l'acier avec de pareille fonte, c'est la façon de paîtrir la fonte & la loupe avec le Ringard: au moyen de cette manœuvre toutes les parties de la fonte sont successivement exposées à

l'action immédiate de la flamme. Lexpérience a appris que mieux la loupe a été paitrie, mieux elle a été chauffée, & plus long-temps, & plus doux est le fer qu'on en tire ; mais aussi moins on en a. On brusle plus les soufres, on emporte mieux les sels, mais en même-temps on brusle plus de fer; aussi plus on fait le fer doux, sur tout avec des fontes médiocres, & plus on trouve de déchet. On imagine bien que pendant que la loupe a été tenuë dans l'affinerie, qu'une grande partie de ce qui lui restoit de matiere terreuse, de matiere vitriffiée s'en est séparé. Cette matiere est plus aisée à ramollir que le fer; elle en est encore exprimée quand on porte la loupe sous le gros marteau qui pese un millier, & quelquefois jusqu'à 1500 livres; on y forge cette loupe à diverses reprises, après lui avoir donné à chaque fois une nouvelle chaude, comme on la donne à toute barre de fer qu'on doit forger.

Veut-on faire de l'acier, on peut le faire avec des fontes blanches; mais on en prend par préference de mediocrement grises, c'est-à-dire, de celles qui ne sont pas les plus pures: ce n'est pas qu'on ait envie de laisser plus de matiere terreuse & vitrifiée à l'acier qu'au fer, mais c'est qu'on ne peut pas emploier un feu si violent pour séparer cette matiere de la fonte, qui est destinée à être acier, que de celle qui est destinée à être fer; & quand elle en a eu un peu davantage, il est plus aisé de l'en purifier par un feu doux.

Les methodes qu'on ſuit pour affiner la fonte, qu'on veut rendre acier, ne ſont pas auſſi uniformes que celles qu'on pratique pour la rendre fer; en general elles conviennent en ce qu'on place le bout de la gueuſe, ou de la maſſe de fonte au deſſus d'une affinerie beaucoup plus profonde. Il y a des pays où ce creuſet, cette affinerie a plus de deux pieds, ou deux pieds & demi de profondeur. On laiſſe tranquille la fonte qui eſt tombée dans ce grand creuſet, elle eſt ſimplement couverte de charbons allumés; la flamme des ſouflets n'eſt dardée que contre la matiere qui eſt à fondre: quand l'affinerie contient la quantité qu'on veut de matiere fonduë, c'eſt-à-dire, ordinairement, quand elle en eſt pleine, on arrête les ſouflets. Dans quelque pays on débouche le bas du creuſet ou de l'affinerie pour la faire couler, & la mouler groſſierement en plaques minces; en d'autres pays on la laiſſe figer dans l'affinerie même; à meſure qu'une couche, de l'épaiſſeur d'environ un pouce, s'eſt figée, on l'enleve. Mais avant de commencer à enlever ces couches de fer, on enleve d'autres couches de matiere vitrifiée qui l'ont ſurnagé, & qui ſe ſont refroidies deſſus. Si on a donné écoulement à la fonte, on trouve ſur ſa ſurface une couche d'une pareille matiere. Cette manipulation, de quelque façon qu'on la varie, tend donc à épurer la fonte de ſa matiere terreuſe, mais ſans lui ôter beaucoup de ſes parties ſulfureuſes & ſalines. Il y a même une pratique en

usage dans les endroits, où l'on fait le meilleur acier de fonte qui semble n'avoir pour but que de rendre à la fonte ce qu'elle pourroit perdre de ces sortes de matieres pendant la fusion. Les parois de l'affinerie, qui sont tantôt de plaques de fer, tantôt de briques, sont revêtuës d'une couche de charbon pilé ; de sorte que la fonte est en fusion dans une espece de creuset de poudre de charbon. Nos expériences du premier Memoire ont fait voir qu'un pareil creuset pourroit seul fournir au fer de quoy le rendre acier.

Il y a même des Ouvriers qui jettent dans leurs affineries des cornes, de la suye, & d'autres matieres pareilles, l'effet qu'elles produisent n'a pas même besoin d'être indiqué ; on voit suffisamment ce qu'elles peuvent fournir à la fonte.

Quoyqu'il en soit de ces pratiques plus raffinées, qui ne font rien à l'objet principal que nous suivons ; la fonte qui a été affinée par une seconde fusion, est portée ensuite à une affinerie, à une chaufferie, là il la faut chauffer au point nécessaire pour faire évaporer assés de parties salines & sulfureuses pour que les parties metalliques ne soient plus trop écartées, pour qu'elles puissent tenir ensemble. Comme c'est l'unique ouvrage qui reste à faire, que dans cette opération, on n'est pas obligé de mettre la matiere vitrifiée en état de se dégager, comme lorsqu'on a voulu faire du fer, on n'est pas obligé de donner un feu si violent ; on

laiſſe chauffer cete matiere juſqu'à ce qu'on juge que le feu l'a miſe en état de ſoutenir le marteau; mais pendant qu'elle chauffe on ne la paitrit point, comme on a paitri la loupe dont on a voulu faire du fer.

Le grand point eſt de tirer du feu à propos la maſſe de matiere; ſi elle l'a trop ſouffert, elle ſera fer; & quelque précaution qu'on prenne, il arrive preſque toujours qu'une portion de cette maſſe, qui en fera tantôt le quart, tantôt le tiers, ne donnera que du fer. Il eſt impoſſible que tout ait chauffé également, & tout ce qui aura trop chauffé ſera fer; un bout de la barre, qui ſera forgée de cette matiere, la ſera, & un autre bout ſe trouvera acier. Si le fer & l'acier pouvoient toujours ſe placer ainſi ſéparément, ce ne ſeroit pas un grand mal; mais le vrai mal, le grand inconvenient de cette façon de faire l'acier eſt qu'on ne peut guére s'aſſurer qu'une barre ne ſoit pas fourrée de veines de fer, qui tantôt ſeront plus proches du centre, & tantôt plus proches de la ſurface, ſelon l'endroit où les parties ferrugineuſes qui auront eu trop de feu ſe ſeront trouvées, & ſelon l'endroit où les coups de marteau les auront forcé à ſe placer.

De là on peut conclure qu'il eſt bien plus difficile de faire avec la fonte des aciers où il ne reſte point de veines de fer, qu'il n'eſt difficile d'en faire d'exempts de ce défaut en convertiſſant des barres de fer forgé en acier; on eſt toujours

jours le maître de transformer les barres de fer jusqu'au centre.

Dans la plûpart des forges à acier, quand la fonte affinée, la fonte qui a été fonduë une seconde fois, est remise au feu, les Ouvriers jettent dessus du sable, ou quelque matiere vitrifiée, réduite en poudre, les crasses des fontes fournissent cette derniere matiere : le sable, ou cette poudre se fondent, ils enduisent la masse metallique, & empêchent que l'action du feu ne la chauffe trop, ou qu'il ne la réduise trop en fer.

Les aciers faits de fer forgé, & même les aciers de fonte, dont nous venons de parler, sont des ouvrages de l'Art, on peut les appeller des aciers artificiels ; mais il semble qu'on peut donner le nom d'aciers naturels à ceux qu'on tire de ces fontes qui n'ont jamais coulé hors du fourneau ; tels que sont les aciers du pays de Foix, ceux des environs de Foderberg en Allemagne, &c. Nous avons remarqué au commencement du premier memoire, qu'on laisse refroidir ces fontes dans le fourneau même, où a été fonduë la mine qui les a fournies ; que ces masses de fonte y prennent une forme ronde qui tient de la boule applatie, ou du gâteau ; qu'on la coupe en divers morceaux selon des lignes paralleles à un de ses diametres. Ces differents morceaux sont portés immédiatement à la chaufferie ; on les en retire pour les forger en barres : Les barres venues des morceaux pris vers le milieu sont presque pur fer, & les barres ve-

nuës des morceaux pris près des bords ſont acier, quoyque chauffées & forgées préciſément de la même maniere. Le ſingulier eſt que ce qui ſe trouve près de la circonference de la maſſe donne de l'acier, pendant que le reſte donne du fer. La cauſe de ce fait ſe tire pourtant très-naturellement de ce que la fonte propre à faire l'acier eſt plus fluide; ſes ſoufres la rendent telle; ce qui a été plus fluide, ce qui a été plus propre à faire l'acier a dû couler plus loin, & par conſéquent ſe trouver plus près des bords. Les morceaux détachés de la maſſe, ceux qui ont coulé encore plus loin, donnent, au rapport des Ouvriers, de meilleurs aciers que le reſte.

Il y a une maniere de convertir le fer en acier, dont nous n'avons point parlé, qui eſt enſeignée par Vanoccio dans ſa *Pirotechnie* livre I. chapitre 7. qui merite bien que nous en diſions quelque choſe; elle auroit pû paroître difficile à expliquer, ſi on n'avoit pas les notions que nous avons données de la nature du fer, de celle de l'acier, & de celle de la fonte. On tient en fuſion une certaine quantité de fonte, dans cette fonte en bain on plonge du fer forgé, on l'y laiſſe tremper quelque temps, quand on l'en retire, on le trouve acier. J'ai fait cette expérience avant de l'avoir luë dans Vanoccio, & il n'étoit preſque pas poſſible que je ne la fiſſe pas, aiant tenu tant de fois de la fonte de fer en fuſion; pendant que cette fonte étoit en fuſion, en bain, mille circonſtances de-

mandoient qu'on y plongeât des verges, ou de gros fils de fer pour la remuer : or le fer qui avoit trempé à plusieurs reprises dans la fonte se trouvoit acier en entier ou en partie. J'ai ensuite fait à dessein la même expérience, en tenant au milieu de la fonte en bain des morceaux de fer tantôt plus, & tantôt moins de temps. Mon dessein n'est pas de m'arrêter ici à toutes les circonstances de cette façon de convertir le fer en acier, qui est encore pratiquée en quelques pays. Je n'ai pas même fait sur cette matiere toutes les expériences que je pense nécessaires; je l'ai éprouvée sur quelques especes de fer, mais je ne l'ai pas éprouvée sur assés d'especes; je n'ai pas même tenu les fers en fusion dans les differentes especes de fontes, que je crois devoir être essayées. Je n'ai point fait à ces fontes les additions des differentes matieres qu'on y peut faire; en un mot, je crois qu'elle merite encore un travail reglé & suivi, dont je ne me tiens pas quitte; mais j'avertirai ceux qui en voudront faire les expériences, & qui commenceront, comme il est toujours plus sage, par les faire en petit, qu'ils ne s'étonnent pas si ils trouvent un dechet considérable. Un morceau de fer qui ne sera pas plus gros que le petit doigt, étant tenu dans la fonte fluide pendant un quart d'heure, ou une demi heure, y perdra une partie considérable de son volume, s'y fondra lui-même en partie; mais ce qui sera resté sans se fondre, sera acier entierrement, s'il a demeuré assés long-temps plongé dans la

fonte. Quand on fera la même expérience plus en grand, que le fer, qu'on tiendra au milieu de la fonte, aura un pouce & demi en quarré ou davantage, il ne se convertira en acier que dans un temps beaucoup plus long proportionnellement ; mais ne sera pas avec une diminution proportionnelle. Le fer le plus gros ne se fondra pas comme le plus mince, & plus il sera gros, & moins il s'en fondra.

J'ajouterai cependant encore qu'il m'a paru qu'il y aura ici un choix à faire des fers, comme pour nôtre autre conversion du fer en acier, que j'en ai trouvé, qui avoient été transformés au milieu de la fonte, qui sont devenus gerseux, comme ceux qui ont été transformés au milieu de nos compositions, & qu'au contraire d'autres fers y sont devenus des aciers trés aisés à forger.

Mais pour revenir à la cause de cette transformation, elle se déduit si naturellement de ce que nous avons établi, qu'elle serviroit même à le prouver, s'il étoit besoin de nouvelle preuve. Le fer avide des soufres boit une partie de ceux de la fonte qui en a plus que lui ; après les avoir bûs, après s'en être chargé, il se trouve dans cet état moyen que nous appellons acier ; il a plus de soufres & de sels qu'il n'en avoit étant fer, & en a moins que la fonte. Il peut se rencontrer des fers, où les parties sulfureuses s'engagent moins aisément, & des fontes qui les retiennent mieux ; l'une ou l'autre de ces circonstances, ou toutes les deux ensemble peuvent

faire naître bien des varietés dans le succés des expériences.

Quoyqu'il en soit cette derniere maniere de faire l'acier meriteroit fort qu'on cherchât à la perfectionner ; mais il n'y auroit pas moins à travailler pour faire mieux réussir les aciers que nous tirons des fontes, on y parviendroit peut-être, si on se donnoit la peine de faire les experiences que cette matiere merite. J'ai voulu le tenter, mais j'ai été forcé d'abandonner mon projet ; Je ne me suis pas trouvé à portée de faire des essais en grand, & de quelque façon que je m'y sois pris, je n'ai pu surmonter les difficultés qui se sont présentées dans le travail en petit. Je me suis servi d'une forge ordinaire avec un seul souflet double ; j'y faisois fondre & affiner trois à quatre livres de fonte à la fois, sur un si petit volume la diminution est très considérable ; quelquefois je n'ai pu parvenir à retirer le quart de mon poids en fer, ou en acier forgé ; pour l'ordinaire je n'en ai eu que la moitié, & rarement en ai-je eu les trois quarts. En petit, il y a proportionnellement plus de surface exposée à se brusler qu'en grand ; plus de fonte proportionnellement se mêle avec les parties du charbon qui sont vitrifiées, par conséquent il y en a plus de réduites en machefer.

L'inconvenient du dechet ne m'eût pourtant pas arrêté, il m'eût suffi de parvenir à faire de meilleurs aciers ; lorsqu'on les eût fait en grand, en suivant la même methode, ce n'eût pas été avec la mê-

me perte, mais en travaillant une si petite masse, il est bien difficile d'empêcher qu'elle ne chauffe trop quelque part; & selon nos remarques précedentes ces endroits trop chauffés se trouvent fer, souvent même la masse entiere se trouve trop chauffée. De-là il m'est arrivé bien des fois, qu'après avoir affiné une certaine quantité de fonte & l'avoir partagée en deux parties égales, que je ne remettois à la forge que l'une après l'autre; il m'est arrivé, dis-je, qu'une de ces parties se trouvoit toute acier, & l'autre entierement fer; quoyque j'eusse tâché de les placer semblablement & de leur donner un feu à peu près égal, j'avois été bien éloigné d'y réussir. Mais plus ordinairement il m'est arrivé que les barreaux ou petites billes que je tirois de ces fontes étoient partie acier, & partie fer.

En general pourtant j'ai trouvé moins de fer, & plus d'acier, lorsque j'ai eu attention que la masse de fonte fût bien enveloppée de matiere vitrifiée, de sable fondu.

Il y a sur tout deux choses ausquelles on doit s'attacher pour faire de bons aciers avec les fontes. La premiere, c'est de bien affiner les fontes, de les bien purger de leurs parties purement terreuses. Les aciers seront d'autant moins durs, qu'il y sera plus resté de cette partie terreuse, puisqu'elle est moins dure que l'acier, & qu'elle ne prend point la trempe. Nous avons déja eu lieu de soupçonner que la matiere des aciers faits de fonte n'est pas aussi bien purifiée des matieres terreuses ou vi-

trifiées, que l'eſt la matiere des barres de fer; ce ſoupçon ſera peut-être fortifié ſi on fait attention que le commun des aciers de fonte, n'ont pas autant de dureté que les aciers venus de fer forgé; il paroîtra probable que c'eſt qu'il eſt plus reſté de matiere terreuſe dans les premiers, que dans les ſeconds, parce que la fonte du fer a été mieux affinie que celle de l'acier. Tout paroît concourir à prouver, contre le préjugé où on étoit, que l'acier eſt moins pur que le fer, puiſque les aciers communs ont non ſeulement plus de ſoufres & de ſels que le fer, mais qu'ils ont peut-être plus de matiere terreuſe.

Si on affinoit les fontes deux fois, au lieu qu'on ſe contente de les affiner une ſeule fois, ou ſi la fonte qu'on employe eſt de nature à ne pouvoir être refonduë, qu'on ne pût la rendre aſſés fluide; ſi on mêloit cette fonte avec partie égale, ou plus grande, de fonte encore impure; il eſt ſûr qu'on parviendroit à l'affiner mieux. Mais ces procedés cauſent du dechet, coutent du charbon, & on ne peût faire entendre aux Ouvriers que les dépenſes ſont faites à uſure, quand elles conduiſent à donner de meilleur ouvrage. Il y a cent autres attentions pareilles qu'on pourroit avoir, pour mieux purifier les fontes.

Dans quelques cantons de l'Allemagne, on remet dans l'affinerie les maſſes de fontes affinées & forgées, au milieu d'une fonte moins pure. Des mêlanges de differentes fontes brutes pourroient bien

faire ; comme à Rives on se trouve bien de mêler des fontes de Dauphiné avec celle de Franche-Comté.

Après avoir bien affiné les fontes, il faut sur tout être attentif à les empêcher de brûler. Le sable & les differentes poudres sablonneuses dont on les arrose y contribuent ; le laitier, ou les crasses des fontes, pulverisé y contribuë aussi, & peut même être employé avec profit. J'ai remarqué ailleurs que j'avois éprouvé qu'il contenoit beaucoup de fer. Peut-être que dans la fusion il rendroit à la masse de fonte une partie de celui qu'il contient, ou au moins qu'il ne se chargeroit pas tant du fer de cette masse, que le fait un simple sable.

Enfin on peut tenter de faire liquefier dans la fonte de vieilles ferrailles, des pointes de clouds, &c. Du fer ainsi ajouté lui fera prendre corps plus vîte, il abregera le temps où on est dans la nécessité de la tenir fonduë ; il s'en dissipera moins de soufres des parties les plus proches de la surface ; le fer se chargera de ceux que le feu auroit fait évaporer, ils le rendront lui-même acier. J'ai fait de cette maniere des aciers dans une forge ordinaire qui ont bien réussi : j'ai mêlé tantôt un quart, & tantôt un tiers de fer avec la fonte.

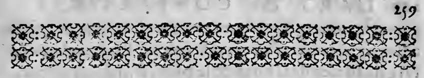
Mais ce qu'il faut sur tout tenter, c'est de mêler avec les fontes des matieres pareilles à celles dont on se sert pour convertir le fer en acier, des

des ſuyes, des ſels, des charbons pilés. J'ai quelquefois revêtu avec ces ſortes de matieres, differemment mêlangées & combinées, les parois de la capacité, qui devoit tenir la fonte en fuſion; en petit le ſuccès n'en a pas été heureux, je n'en crois pas moins à propos de l'éprouver en grand. Il a fallu alors tenir mes fontes en fuſion, au moins un temps triple ou quadruple du temps ordinaire avant de pouvoir raſſembler aſſés leurs parties, avant de leur faire prendre ſuffiſament de conſiſtance pour pouvoir être forgées. Cet effet ne doit pas être ſi à craindte, ſur une grande maſſe; en petit on étoit obligé de mettre trop de ces matieres, où on n'en auroit point mis aſſés, elles euſſent été brûlées trop vîte, s'il y en avoit eu peu. Il paroît pourtant, au moins par ces expériences que de pareilles compoſitions augmentent la fluidité de la fonte; qu'elles peuvent la mettre en état de ſe mieux affiner, qu'elles peuvent empêcher la ſurface de ſe bruſler, la conſerver au point où elle doit être pour reſter acier; qu'elles empêcheront cette ſurface de devenir fer, dans le temps qu'on eſt obligé de la chauffer, pour que les parties du milieu puiſſent prendre conſiſtance.

A la verité on peut s'en tenir aux aciers faits de fer forgé. il ſera aisé d'en faire aſſés pour fournir aux beſoins de tout l'univers; & probablement ſe ſeront toujours les meilleurs; mais les autres peuvent être de quelque choſe moins

chers, & si avec cela on pouvoit les rendre bons, comme il y en a de bons en quelques pays, ce seroit un avantage. D'ailleurs il y a des endroits dont les fers ne conviennent pas pour faire l'acier, où on en pourroit faire avec les fontes.





DIXIEME MEMOIRE,

Des manieres de connoiſtre les défauts & les bonnes qualités de l'acier, & pluſieurs vuës pour parvenir à comparer des aciers de differents degrés de perfection.

L'Acier peut être mauvais au point de le paroître au premier coup d'œil, avoir des défauts qui ſe manifeſtent aſsés. Nous avons répeté de reſte, que quand les gerſures y ſont fréquentes *; que quand les angles des billes ſont comme entaillés d'eſpace en eſpace *, qu'on peut compter qu'il eſt très-difficile à mettre en œuvre; & parmi nous ces ſortes d'airs peuvent être regardés comme mauvais, quoyqu'ils ſoient les plus fins. Eſt-ce entierement leur faute, ſi ils ſont trouvé ſi mauvais, n'eſt-ce point un peu celle de nos Ouvriers? C'eſt au moins une queſtion, & qui peut-être ne ſeroit pas décidée à l'avantage de nos Ouvriers, ſi on leur demande autant d'habileté à traiter l'acier, qu'en ont les Ouvriers du Levant. Son Alteſſe Royale Monſeigneur le Duc d'Orleans, a elle-même donné des ordres pour qu'on m'envoyât du Caire des aciers dont on fait les fameux ſabres de damas. M. le Maire alors Conſul du Caire s'eſt acquité de ſon mieux de cette commiſſion,

* Pl. 8. fig. 1.
* fig. 2.

parmi les aciers que nous avons reçû de lui, & qu'il assure être les meilleurs, il y en a un Pain, qu'on dit être de l'acier des Indes, & le plus estimé en Egypte; il n'y a point d'Ouvrier à Paris qui vint à bout d'en forger un outil. Il ne soutient guére mieux le feu que la fonte de fer. Les autres aciers du Levant sont pour l'ordinaire difficiles à forger, mais moins que celui-ci.

Si les billes ont beaucoup de pailles sur leur surface *, on ne doit pas se promettre d'en forger des ouvrages nets. Quand on vend l'acier, il a été trempé & cassé, si on apperçoit sur sa cassure des veines de fer, des endroits inégalement grainés, des lames brillantes en nombre mêlées avec des grains gris, ou ternes, cet acier a beaucoup de fer, & par conséquent ne vaut rien.

* fig. 8. M.

Mais les défauts de l'acier ne sont pas toujours si aisés à reconnoître; une barre, une bille peut être très-nette, & cependant de nature à être difficilement travaillée; la vraye épreuve pour connoître si l'acier est exempt de ce défaut, est de le forger après lui avoir donné une chaude suante, ou telle qu'il la faut pour qu'une partie de la bille aiant été repliée sur l'autre, puisse être forcée par les coups à s'y unir asses parfaitement pour ne paroître plus faire qu'un même corps; c'est ce qu'en termes de Forgerons on appelle souder. De l'acier de mauvaise qualité peut être resté très-net, si on l'a forgé après l'avoir chauffé rouge; & sera plein de gersures, si on le chauffe

d'un rouge blanc, oufi on le chauffe prefque fuant, & on ne fçauroit le fouder fans lui donner à peu près ce dernier degré de chaleur. Dans le mauvais acier les deux parties qu'on veut fouder enfemble ne fe foudront pas parfaitement. Si au contraire on caffe de bon acier dans l'endroit où il a été foudé, on aura peine à reconnoître où a été autrefois la féparation des deux parties.

Dans le temps même qu'on chauffe de l'acier au point néceffaire pour le fouder, on peut prévoir s'il eft en état de foutenir le degré de chaleur qu'on a befoin de lui donner; on n'a qu'à prêter l'oreille; on entend un bourdonnement, que fans beaucoup d'habitude, on diftingue du bruit que fait la flamme, ou de celui du vent du fouflet. Ce bourdonnement eft l'effet d'une efpece de boüillonnement qui eft produit dans l'acier; l'acier qui bout de la forte fe laiffera mal forger. Encore un autre mauvais indice de la qualité de l'acier qu'on peut avoir pendant qu'il eft dans la forge, c'eft fi, après l'avoir bien chauffé, l'avoir même un peu poudré de fable, fa furface ne laiffe pas d'avoir un air fec, s'il ne paroît pas deffus une efpece de vernis.

Quand l'acier bien chauffé aura été porté fur l'enclume, s'il fe caffe fous le marteau; fi même en aiant recourbé un bout pour le fouder fur le refte, l'endroit du coude fe creve, fe caffe du moins en partie, cet acier fe laiffera mal travailler. *

* Pl. 8. fig. 3. D.

Que le Forgeron pourtant ne mette pas fur le compte de l'acier les défauts que fa négligence ou

ſon ignorance peuvent lui donner ; de bon acier peut être rendu mauvais ſi on le chauffe exceſſivement, ſi on le rend fondant, ou preſque fondant.

Une des marques de la bonté de l'acier que les Marchands de Paris vantent le plus, & dont les Ouvriers médiocrement habiles font cas, c'eſt d'avoir la roſe. Ce qu'ils appellent la roſe, eſt une eſpece de tache qui ſe trouve ſur la caſſure de quelques billes d'acier. Si cette tache reſſemble à une roſe, ce ne peut être que pour ſa rondeur encore ſouvent eſt-elle ovale, & ſouvent a-t-elle d'autres contours très-irréguliers *. Le centre de la caſſure eſt ſouvent celui de cette tache ; il y en a qui occupent la plus grande partie de la caſſure, d'autres qui n'en occupent qu'une partie aſsés petite ; ſa couleur n'eſt pas plus conſtante que ſa figure. Il y en a d'un bleu aſsés clair, d'autres ſont d'un bleu foncé preſque noir, il y en a de jaunatres de differents jaunes, quelques-unes ſont ſeulement un peu plus ternes que le reſte ; enfin il y en a ou ces differentes couleurs forment des bandes concentriques. En un mot les couleurs des roſes d'acier peuvent être pareilles à toutes celles qu'on fait prendre à la ſurface de l'acier, ou à celle du fer poli, qu'on chauffe doucement ſur des charbons, ſoit pour les colorer, ſoit pour les recuire. Nous parlerons ailleurs de ces ſortes de couleurs, & lorſque nous en expliquerons la cauſe, nous indiquerons celle qui produit dans l'intérieur de quelques aciers les ta-

* fig. 4, 5, 6, 7.

ches appellées Roſes. Elles n'ont rien de plus conſtant dans la même bille que dans des billes differentes. Une bille caſsée dans un endroit, montrera une roſe de couleur, de grandeur & de figure differente de celle qu'elle montrera caſsée dans un autre endroit; il y a même des endroits où ſi la bille eſt caſſée, on ne lui verra point du tout de roſe.

Il n'eſt guére de ſigne plus équivoque de la bonté de l'acier, que cette roſe, on la trouve à la verité à quelques aciers qui viennent d'Allemagne, & qui ſont très-bons; mais on la trouve auſſi à des aciers médiocres. Nous en avons de Champagne & de Limouſin qui l'ont quelquefois, & la plus grande partie des bons aciers d'Allemagne ne l'a pas. Je l'ai trouvée à des aciers du pais de Foix *, ſi groſſiers qu'on ne croit pas même dans le pays leur devoir donner le nom d'aciers; on les appelle fers forts. Ce que la roſe marque de plus certain, c'eſt que l'acier où elle ſe trouve, eſt un acier qui vient de fonte; je ne l'ai point vûë, au moins bien marquée dans les aciers venus de fer forgé.

* fig. 4.

Au reſte cette tache n'eſt nullement permanente, elle eſt une ſuite du degré de chaleur qu'on a donné à l'acier pour le tremper. Si on fait beaucoup chauffer la bille où eſt la roſe, on la fera diſparoître dès la premiere chaude, ou au moins on l'affoiblira fort, on ne la retrouve plus dans les ouvrages de cet acier.

Dans quelques-unes de nos Provinces où l'on

fait de l'acier de fonte, on le forge en petites billes dont un des bouts eſt étiré en pointe *, on donne la trempe à ce bout *; & il ſert à faire une ſorte d'épreuve de la qualité de l acier de la bille: pour cette épreuve, on la tient d'une main, environ par le milieu, & on donne un coup aſsés leger ſur le gros bout *; quand l'acier eſt bon, au moins à un certain point, le bout de la bille opposé à celui qu'on a frappé, le bout amené en pointe ſe caſſe. cette épreuve apprend qu'il n'y avoit pas de veine de fer conſidérable dans l'endroit qui a été caſsé; mais voilà auſſi tout ce qu'elle apprend; c'eſt pourtant quelque choſe que de ne point trouver de veines de fer dans des aciers de cette eſpece.

* fig. 8.
* F.
* L.

Si on excepte les premieres épreuves groſſieres dont nous venons de parler, le commun de nos Ouvriers n'ont preſque rien qui les conduiſe ſur la qualité des aciers qu'ils veulent mettre en œuvre; ils ne ſçavent s'il eſt propre aux outils auſquels ils les deſtinent, que quand les outils ſont finis; & ſouvent encore que quand ceux pour qui ils ont été faits en ont eu fait uſage. Des Couteliers de bonne foy, & qui n'étoient pas des moins habiles dans leur profeſſion, m'ont ſouvent avoüé qu'ils ignoroient ſi un nouvel acier qu'ils avoient employé en raſoirs y convenoit juſqu'à ce que le Barbier leur eût rendu bon témoignage des raſoirs qu'ils lui avoient vendu.

La plus grande connoiſſance qu'ils ont des aciers qu'ils mettent en œuvre eſt de ſçavoir le pays d'où ils

ils viennent. Nos Couteliers de Paris ne connoissent pour bons que ceux d'Allemagne ; offrés leurs des aciers d'Angleterre & d'Italie, pour être d'Angleterre & d'Italie, fussent-ils meilleurs que ceux d'Allemagne, ils n'en voudroient point acheter; ils ne travaillent que par routine, ils sont accoutumés à une certaine forme d'acier ; donnés au même acier une autre forme, ils le rejetteront, & cela, parce qu'ils n'ont point de regles pour juger de sa qualité.

Il importeroit pourtant fort d'en avoir pour décider du merite de differents aciers & de ce à quoy les uns sont plus propres que les autres ; je vais proposer les vûës que j'ai euës sur cela, je n'espere pourtant guére que le gros des Ouvriers se donne la peine d'en faire usage, mais au moins pourront-elles être utiles à ceux qui cherchent à se distinguer dans leur profession ; les particuliers, & les sçavants qui veulent faire faire certains ouvrages qui doivent être d'aciers choisis, pourront en faire faire le choix selon ces regles ; elles seront surtout utiles dans les manufactures d'acier, elles donneront moyen de s'assurer des qualités de celui qui y sera fabriqué.

Ce qu'il y a de difficile ici, ce n'est donc pas de découvrir quelques défauts assés ordinaires au commun des aciers : les aciers en general ont certaines qualités qui les rendent propres à des ouvrages qui ne sçauroient être faits de fer, le difficile est de déterminer le degré de perfection qu'ont

chacune de ces qualités dans chaque acier. Ces qualités peuvent être réduites à trois principales. 1°. A celle de prendre une certaine sorte de grainure étant trempé à un certain degré de chaleur. 2°. A celle d'acquerir plus ou moins de dureté selon les degrés de chaleur ausquels il a été trempé. 3°. Enfin à la disposition de conserver après la trempe plus ou moins de corps.

Le nom de corps est pour l'ordinaire employé pour exprimer la proprieté qu'a un acier trempé de résister à la force qui tend à le casser; de deux aciers également durs, qui résistent également à la lime, celui qui est le plus aisé à casser, est celui qui a le moins de corps. De deux lames également épaisses, & trempées également la moins roide, celle qui se laissera le plus plier, a le plus de corps. De deux ciseaux à couper le fer froid, également trempés, également durs & à taillants semblables & égaux, celui-là a le plus de corps, qui pendant qu'on frappe dessus pour lui faire couper le fer, ou quelque corps s'égraine moins, se casse moins. C'est dans ce sens que nous prenons ici, & que nous prendrons dans la suite le mot de corps; il exprimera toujours une sorte de souplesse qui reste à l'acier, malgré la dureté qu'il a acquise par la trempe. Les Ouvriers, peu accoutumés à attacher à leurs termes des idées nettes & des significations bien déterminées, prennent quelquefois le mot de corps, pour celui de dureté, si un ciseau refoule pendant qu'on lui fait couper le fer à froid, ils disent qu'il

n'a pas de corps : mais nous éviterons de nous en ſervir dans ce ſens, qui eſt impropre, nous dirons plûtôt qu'un pareil acier manque de dureté; c'eſt par défaut de dureté que ſes grains ſe laiſſent comprimer, & trop rapprocher les uns des autres. Ils diſent auſſi qu'un acier manque de corps, lorſqu'il ne ſoutient pas aisément de fortes chaudes, qu'il s'y affoiblit trop ; de ces ſignifications & des autres qu'on donne quelquefois au corps de l'acier, nous ne retiendrons que la premiere.

Un acier étant ſuppoſé ſans pailles, ſans gerſures, ſans ſurchauffures, ſans veines ou lames de fer, & aisé à travailler, pour juger de ſa valeur, & des uſages auſquels il eſt le plus propre, nous avons dont trois choſes à examiner, ſçavoir ſa grainure, ſa dureté, & ſon corps; nous avons à chercher des moyens de déterminer, ſi un acier excelle ſur un autre par quelqu'une de ces qualités ; celui de deux aciers, par exemple, qui peut prendre le grain le plus fin, & qui ſera auſſi appellé l'acier le plus fin. Nous avons de plus à déterminer de quelle façon ces trois qualités ſe combinent dans un même acier, car on doit ſçavoir que plus l'acier prend de dureté, plus il perd de corps & de fineſſe de grain; il s'agit donc encore de décider en quels aciers ces combinaiſons ſont les plus avantageuſes; mais avant de paſſer aux combinaiſons, ſuivons chacune des qualités principales en particulier.

La fineſſe de l'acier, ou ce qui eſt la même cho-

se, la finesse du grain qu'il peut prendre, semble être de ces trois qualités la plus aisée à reconnoître; & celle dont la comparaison est la plus facile à faire; les yeux en peuvent être les juges. Les bons Ouvriers avoüent pourtant qu'ils ne sçauroient connoître sur la cassure d'un acier trempé, s'il est plus fin qu'un autre; ils en donnent des raisons fort plausibles. Chauffés un morceau d'acier très fin presque blanc, trempés-le en cet état, & le cassés, sa cassure ne vous fera voir qu'un gros grain. Ne chauffés un acier médiocre, ou même un acier à terre, que couleur de cerise, & trempés-le, si on le casse après la trempe, on lui trouvera un grain fin. La finesse du grain semble donc dépendre du degré de chaleur qu'avoit un acier quand il a été trempé; elle en dépend aussi: mais ce qu'il s'agit de sçavoir, c'est si de deux aciers trempés à un même degré de chaleur, l'un n'a pas un grain plus fin que l'autre; & c'est l'avantage que les aciers excellents doivent avoir, & qu'ils ont réellement sur les médiocres. Il n'est pourtant pas aisé de décider par les manieres ordinaires lequel des deux aciers a cet avantage; premierement, par la difficulté de chauffer deux morceaux d'acier également chauds; secondement, par la difficulté de casser ces deux morceaux d'acier dans l'endroit précisément, où ils étoient également chauds quand ils ont été trempés.

Pour sentir mieux en quoy consistent ces difficultés, & le défaut de l'essay ordinaire, on remar-

quera qu'un morceau d'acier qu'on fait chauffer n'a pas un égal degré de chaleur dans toute sa longueur ; que même, si on le chauffe par un bout, ce bout peut devenir fondant *, pendant que l'autre bout * restera encore froid ou au moins noir ; qu'on trempe cet acier, qu'on le casse près de ce bout qui a été chauffé presque fondant *, on lui trouvera un gros grain ; qu'on le casse un peu plus loin, on lui trouvera un grain moins gros *, cassé plus loin, on lui trouvera peut-être un grain fin * ; & enfin cassé une quatriéme fois dans un endroit encore plus éloigné du bout chaud, on arrivera à une cassure d'un grain beaucoup plus fin *. Si on traite de la même façon un autre morceau d'acier, qu'on veut comparer avec le précedent, on pourra peut-être décider laquelle des cassures de ces deux aciers a montré le le plus beau ; mais on ne sera pas en état de décider lequel des deux l'a réellement le plus beau grain. On aura lieu de douter si celui qui paroît avoir du dessous n'eût point eu l'avantage, si on l'eût cassé plus loin, ou si on l'eût cassé au milieu d'un des fragments qui a été fait par deux cassures, & ce doute est d'autant plus fondé que le plus fin de la grainure n'occupe quelques fois qu'une très-petite longueur du morceau d'acier.

* Pl. 8. fig. 8. F.
* L.
* G.
* fig. 9. fg.
* fig. 9. gh.
* fig. 9. hi.
* ik.

Si on chauffe un morceau d'acier presque fondant par un bout, pendant que son autre bout est resté noir, on est sûr que cet acier a pris tous les différents degrés de chaleur qu'il peut prendre ; car depuis le bout fondant, qui est le plus grand

des termes de chaleur pour l'acier, jusqu'à l'autre bout les degrés de chaleur diminuent insensiblement, & on peut regarder la chaleur du bout qui est resté noir, comme nulle, parce qu'elle n'est pas capable d'y produire aucun effet. Si on trempe alors cet acier, on est donc sûr qu'on lui donnera tous les degrés de grainure qu'il peut prendre, puisque ces degrés varient comme ceux de chaleur. Pour avoir la suite complette de cette grainure, pour en voir toutes les dégradations, & pour être en état de la comparer avec celle d'un autre acier, il faudroit donc pouvoir casser cet acier selon sa longueur. On ne le peut quand on laisse l'acier dans l'état ordinaire, les coups le cassent en travers, & dans l'endroit où il a été le plus trempé, qui est celui où il est le plus foible.

Pour faire la comparaison que nous avons en vûë le plus exactement qu'il est possible, tout se réduit donc à lever les difficultés qui empêchent qu'on ne casse un morceau d'acier tout du long de la partie trempée; Il y en a divers moyens, tous si simples que pour les trouver, il ne s'agissoit que de s'aviser de les chercher. On choisira des deux que je vais proposer, voici le premier. Je fais forger une lame de l'acier que je veux éprouver * plus ou moins épaisse & plus ou moins large à volonté; deux pouces de longueur lui suffisent, si elle en a cinq à six, elle n'en sera que plus commode. Je fais souder ensuite cette lame d'acier sur une lame de fer * qui l'égale au moins

* Pl. 8. fig. 10.

* fig. 11.

en longueur & en largeur, & qui la surpasse si l'on veut en épaisseur. Quand ces deux lames sont bien soudées l'une sur l'autre, je fais couper la lame de fer dans toute sa longueur avec un ciseau à couper à froid, jusqu'à l'acier; j'y fais creuser une entaille, une espece de rainure, de goutiere, qu'on élargit même un peu avec la lime *. Voilà à quoy se réduit toute la préparation, dont apparemment on prévoit déja l'effet. Quand on a chauffé presque fondant un des bouts de cette bille, partie acier & partie fer, & qu'on l'a eu trempée, on peut la casser en deux selon sa longueur; on n'a plus à craindre qu'elle se casse en travers. Dans l'endroit où elle a été trempée le plus chaud, & où l'acier est le plus cassant, cet acier ne sçauroit se casser en travers, parce qu'il est uni au fer, il fait corps avec lui; le fer, qui n'est point cassant, soutient l'acier. Il n'en est pas de même de la partie de la bille, où l'entaille a été creusée; tout du long de cette entaille, l'acier n'est plus soutenu par le fer, l'acier est donc cassable selon sa longueur, & ne l'est plus en travers. Si cependant on a donné plusieurs lignes d'épaisseur à la lame d'acier, & qu'on l'ait prise si longue qu'il y en ait eu une grande partie qui n'ait pas eu chaud, & qui par conséquent n'ait pas pris la trempe, l'acier sera lui-même difficile à casser vers cet endroit, parce que l'acier non trempé est peu cassant; on en viendra pourtant à bout en mettant dans les endroits de l'entaille qui résistent le plus, un gros

* fig. 13. ghhiik.

* Pl. 8. fig. 14. n.

ciseau un peu mousse, une espece de coin *, sur lequel on frappera pour forcer l'acier à s'entrouvrir. Chacun des morceaux qui ont été ainsi séparés l'un de l'autre, montreront la succession de tous les ordres de grainure *. La préparation même de l'expérience précedente est un essay de l'acier ; on y apprend s'il se soude bien avec le fer.

* fig. 15.

*, 12. 34. r.

On peut encore s'y prendre d'une autre maniere plus aisée à executer que la précedente. On laissera à un des côtés du morceau d'acier qu'on veut essayer toute son épaisseur, plus ce côté sera épais & mieux ce sera. On applattira le côté opposé tout du long, ou pour donner une image de la figure que nous voulons faire prendre aux morceaux d'acier, on les forgera semblables à des lames de rasoirs *, à cela près que dans leur longueur, ils auront par tout une largeur égale : l'expérience réussira d'autant mieux que le côté aplati aura été rendu plus mince, ou que le côté opposé aura été tenu plus épais. On chauffera l'acier fondant par un bout, & on le trempera ; il ne restera plus qu'à le casser, ce qu'on fera en donnant de petits coups sur le bord mince, dont on détachera successivement divers fragments jusqu'à ce qu'on l'ait cassé tout du long. Pour faciliter la cassure on peut même, avant que l'acier soit trempé, y couper une entaille tout du long de l'endroit où on le veut casser *, ou au moins tout du long de la partie qui n'aura pas eu assés chaud pour devenir cassante par la trempe.

* pl. 9. fig. 1.

* fig. 1. B. C.

Au

Au moyen des caſſures faites d'une des manieres que nous venons d'expliquer, on voit d'un coup d'œil la progreſſion de toutes les differentes grainures qu'un acier peut prendre par tous les differents degrés de chaleur qu'on peut lui donner ; on eſt en état de comparer le grain le plus fin d'un acier avec le grain le plus fin d'un autre. Les Ouvriers qui aiment à ſe conduire avec connoiſſance devroient avoir une proviſion de ces ſortes de caſſures, de chaque eſpece d'acier connuë dans le Royaume ; elles leurs ſerviroient d'étalons pour meſurer le degré de fineſſe des aciers qu'on leur voudroit vendre. Ces billes ſeroient pour eux, ce que les Touches faites d'or & d'argent, mêlés en differentes proportions, ſont pour les Orfevres quand ils ont à décider ſur le champ du titre d'un or qu'on leur préſente. Ces caſſures une fois faites ſerviroient à un Ouvrier pendant toute ſa vie, pourvû qu'il eût l'attention de mettre les billes dans des lieux ſecs, & de les renfermer dans une boiſte. J'en conſerve depuis pluſieurs années, dont les caſſures ſont preſqu'auſſi blanches, auſſi brillantes qu'elles l'étoient dans l'inſtant qu'elles ont été faites ; mais j'ai eu la précaution de les mettre dans une boiſte qui eſt elle-même dans une autre beaucoup plus grande & remplie de ſon.

Sans une ſorte de juſteſſe dans les yeux & même ſans quelque habitude à voir l'acier, on auroit peine à décider lequel de deux aciers, dont les qualités ne ſont pas extremement éloignées, a le grain

le plus fin; nos caſſures néantmoins mettent des yeux groſſiers en état de prononcer; elles donnent le moyen de meſurer au compas la fineſſe de ce metal. Pour entendre cette methode, & pour faire voir ſur quoy elle eſt fondée, on obſervera que les differentes grainures qui paroiſſent ſur les caſſures, faites d'une des façons que nous venons d'expliquer, peuvent être réduites à quatre ordres de grains fort aisés à reconnoître. Le premier ordre n'a que de gros grains, blancs, brillants *, on n'y en apperçoit point d'autres, auſſi le nommerons-nous l'ordre de grainure à grains blancs & brillants. Le ſecond ordre de grainure eſt composé d'un mêlangé de grains blancs & brillants, & de grains ternes *; les grains brillants y ſont cependant moins gros que les premiers du premier ordre, nous le nommerons l'ordre des grains mêlés. Le troiſiéme ordre n'a qu'une eſpece de grains qui ſont tous fins, ternes, & ſouvent gris *; ce troiſiéme ordre eſt celui du grain fin. Enfin le quatriéme ordre commence où la grainure précedente finit, on y retrouve des grains beaucoup plus gros; mais qui, quoyque ternes le ſont moins que ceux de l'ordre précedent *. Ces grains ſont mal terminés, ils ne ſemblent pas ſi détachés les uns des autres, ils ſont, pour ainſi dire par trainées, c'eſt-là l'endroit où l'acier n'a pas eu aſſés chaud pour prendre la trempe. Nous n'avons donc affaire qu'aux trois premiers ordres de grainure; les grains dont chacun d'eux ſont composés ne ſont pas dans tou-

* Pl. 8. fig. 15. *o i.* Pl. 9. L *i.*

Pl. 8. fig. 15. 1, 2. Pl. 9. fig. 2. 3. 4. 5. 6.

* Pl. 8. fig. 15 2, 3. Pl. 9. fig. 2. 3. 4. 5.

* Pl. 8. fig. 15. 3 4.

te l'étenduë de chaque ordre de même grosseur, ils diminuent à mesure qu'ils approchent d'un autre ordre ; près de l'endroit où la grainure mêlée cesse, où celle du second ordre va commencer, les grains blancs & brillants sont moins gros, & même moins brillants que les premiers grains de ce premier ordre ; de même dans l'ordre des grains mêlés, il y a plus de grains blancs, & moins de gris vers l'endroit où il commence ; & vers celui où il finit, il y a au contraire plus de grains gris, que de blancs : aussi eussions-nous pû diviser cet ordre en deux autres, si nous n'avions craint de multiplier trop des divisions dont nous pouvons nous passer ; pour le troisiéme ordre il est composé de grains beaucoup plus uniformes.

Il suit de ce que nous venons de dire que les limites de chaque ordre ne sont pas coupées bien net, il faut les juger à peu près ; les Astronomes en usent ainsi quand ils ont à déterminer les limites de l'ombre & de la penombre d'une éclipse, & celles de la penombre & de la lumiere ; mais nos limites peuvent toujours être déterminées autant exactement qu'on a besoin pour l'usage que nous en voulons faire. On les déterminera pourtant avec une sorte de précision, si on aide ses yeux d'une loupe forte. Quelques fois les premiers grains du quatriéme ordre sont si fins qu'ils sembleroient être de ceux du troisiéme *, ou de ceux qui sont produits par la trempe, les regarde-t-on avec la loupe, sont-ils vûs plus gros, on reconnoît à ne

* Pl. 9. fig. 15. 34.

s'y pouvoir méprendre les differences qui sont entre eux & les grains de l'ordre qui précede.

De ces observations, qu'on pourroit nous passer quand elles n'auroient rapport qu'à la Physique de l'acier, & de celles que j'ai faites sur l'étenduë qu'ont les differents ordres de grainure dans differents aciers, on peut tirer la regle que nous avons promise pour juger de la finesse de chaque acier. J'ai observé qu'à mesure qu'ils sont plus fins, l'étenduë de l'ordre de la troisiéme grainure est plus grand, il a plus de longueur, par rapport à celui de la seconde: cette difference est assés considérable dans les aciers de qualités très-differentes pour qu'on ne doive pas craindre de s'y tromper en la mesurant; & pour qu'on n'ait pas lieu d'être inquiet sur ce qu'on aura mal limité les ordres. J'ai vû de mauvais acier de Nivernois, où la grainure du troisiéme ordre n'avoit pas la moitié de la longueur de celle du second ordre; j'ai vû au contraire des aciers fins, où l'étenduë de la grainure du premier ordre étoit plus que double de l'étenduë de la grainure du second ordre*; par conséquent ces aciers fins avoient quatre à cinq fois, au moins, plus de grainure fine que les gros aciers.

* Pl. 9. fig. 6. 7.

Quand le grain fin des uns & des autres auroit même degré de finesse, & de dureté, ceux qui ont une plus grande étenduë de grainure fine devroient être employés par préference pour les outils qui demandent cette sorte de grain; il est plus aisé de le donner aux taillants des outils faits de pareils

aciers ; car dès que de deux aciers, l'un montre ſur ſa caſſure une plus longue étenduë de la même grainure que l'autre, il ſuit de la façon dont nous avons chauffé ces aciers, qu'il y a un plus grand nombre de degrés de chaleur qui peuvent donner cette grainure au premier, qu'il n'y a de dégrés de chaleur qui peuvent la donner au ſecond. Or lorſqu'on fait chauffer un acier, forgé en outil, pour le tremper, & lui faire prendre par la trempe une certaine grainure déterminée, on eſt plus sûr de réuſſir à lui donner ce grain, ſi l'acier le prend avec differents degrés de chaleur que lorſqu'il ne la prendra qu'à un ſeul degré de chaleur. Ce dègré de chaleur eſt difficile à ſaiſir, & plus qu'on ne s'imagine. D'ailleurs on ne peut guére ſe promettre de l'avoir fait prendre à toutes les parties du taillant, celles qui auront été plus chaudes, auront une grainure differente de celle qu'on ſouhaitoit leur donner.

Enfin de deux caſſures d'aciers dont l'un eſt plus fin que l'autre, & qui auront été chauffés également, & dans une égale étenduë, la ſuite complette de toute la grainure ſera plus longue dans l'acier le plus fin. Tout cela ſe déduiroit même naturellement de nos remarques ſur la nature de l'acier ; les plus fins, qui prennent une plus grande quantité de grainure, & de grainure plus fine ſont composés de parties plus deliées & plus chargées de ſoufres, & par conséquent de parties plus aiſées à mettre en mouvement par ces deux conſidéra-

tions. Il n'y auroit rien de mieux que cette maniere de mesurer, pour ainsi dire, au compas la finesse des aciers, si l'execution en étoit aussi simple qu'il seroit à desirer; mais elle demande bien de l'attention dans celui qui veut la mettre en pratique. Il faut que les aciers qu'on veut comparer soient chauffés au même degré dans une égale étenduë, & il est bien mal aisé d'y réussir avec le feu ordinaire de bois, & de charbon. Mais nous donnerons dans la suite de ce Memoire le moyen de lever cette difficulté, qui nous arrêtera encore lorsque nous aurons à éprouver le corps de l'acier.

Si l'acier qui a été cassé étoit épais, & a été plus chauffé d'un côté que de l'autre, dans le même endroit de la cassure on pourra trouver une grainure differente; mais on ne laissera pas de pouvoir suivre les mêmes ordres le long de chaque côté; l'arrangement de chaque ordre ne laissera pas de subsister.

Le gros grain, le premier ordre de grainure d'un acier, met au moins autant en état de juger de sa finesse que le grain fin. Les aciers qui prennent un grain plus fin que les autres dans le troisieme ordre, en prennent souvent un beaucoup plus gros dans le premier ordre. Mais ce qui est plus constant, c'est que les grains de ce premier ordre sont plus blancs, plus vifs, plus brillants dans le premier ordre de grainure des aciers fins, que dans le même ordre de grainure des aciers grossiers, ils

y sont plus égaux ; dans ces derniers le premier ordre paroît mêlé de grains ternes. Les premiers grains du premier ordre d'un acier fin, sont quelquefois eux-mêmes ternes quand le bout de l'acier a été presque fondu, mais les grains suivants ont le plus vif éclat : toute la suite de la premiere grainure des gros aciers, est semblable au commencement de celle des aciers fins, chauffés presque fondants, & même plus terne. Il y a plus encore, c'est que dans les gros aciers, les grains de l'ordre que nous considerons, semblent quelquefois disposés par couches ; jamais il n'y a d'arrangements pareils dans les mêmes grains des aciers fins.

Passons à present aux moyens de reconnoître & de comparer les degrés de perfection de la seconde qualité de l'acier de sa dureté. Toutes les difficultés qui se présentent lorsqu'on veut juger des degrés de finesse, on les rencontre encore lorsqu'on veut juger des degrés de dureté : le même acier est plus ou moins dur, selon qu'il a été trempé plus ou moins chaud. Communément la dureté diminuë à mesure que le grain devient plus fin ; l'endroit ou le grain est le plus gros, l'endroit où il a été trempé le plus chaud, est pour l'ordinaire le plus dur. Il y a pourtant quelques fois des varietés sur cela, & ces varietés suffiroient pour embarasser ceux qui ont besoin de décider de l'endroit où une sorte d'acier prend le plus de dureté par la trempe ; mais ce qu'on n'a pas char-

ché à déterminer, & ce qui eſt pourtant de conſéquence, c'eſt lequel des deux aciers trempés au même degré de chaleur eſt le plus dur. On n'a abſolument aucune regle là-deſſus. Nos caſſures fourniſſent encore le moyen d'avoir ſur cet article des regles auſſi préciſes qu'on les puiſſe ſouhaiter &, ce qui eſt de commode, indépendantes de la difficulté qu'il y a à chauffer également les aciers qu'on veut comparer. Quand on veut ſçavoir à quel degré de chaleur un acier étant trempé, il prend le plus de dureté, il ne s'agit que de ſçavoir à quel degré, à quel ordre de grain il eſt le plus dur, car les differents ordres de grainure ſont proportionnés aux differents degrés de trempe. De même pour comparer la dureté de deux differents aciers, il ne s'agit que de comparer les duretés qu'ils ont chacun dans leurs differents ordres de grains, & cette comparaiſon ſe fait aiſément ſur nos caſſures.

Les Ouvriers n'ont que deux termes de dureté qu'ils puiſſent aſſigner; celui où la lime mord, & celui où elle ne mord point. Ces deux termes ne donnent pas, à beaucoup près, la connoiſſance des degrés de dureté dont differents aciers ſont ſuſceptibles; il n'en eſt preſque point, ou plûtôt il n'en eſt point qui étant trempés à une certaine chaleur ne réſiſtent à la lime. Il faut donc avoir des limes qui aient plus de degrés de dureté differents que n'en ont les limes ordinaires; pluſieurs ſortes de pierres ou de matieres dures ſont

pour

pour moy ces limes ; j'en employe de ſept ſortes. La premiere eſt le verre dont la dureté eſt au deſſous de celle des limes ordinaires. La ſeconde eſt le criſtal de Roche le plus tendre. La troiſieme ſont des morceaux de cailloux tranſparents & durs, tels que ſont les cailloux de Medoc. La quatriéme ſont des morceaux d'Agathe, ou des eſpeces de pierres à facettes qu'on trouve auprès de Perpignan. La cinquiéme, ſont des morceaux de Jaſpe Oriental. La ſixiéme eſt la Topaſe d'Orient, ou quelqu'autre des pierres Orientales tranſparentes comme le Saphir. Enfin le diamant eſt la ſeptiéme. Je ne donne ces pierres que comme un exemple, chacun en peut choiſir d'autres à ſon gré, en augmenter ou en diminuer le nombre ſelon qu'on voudra pouſſer plus ou moins loin ces épreuves ; pourvû que les pierres different de dureté entre elles il n'importe ; après le verre on peut mettre la lime ordinaire, on peut auſſi donner place à l'Eſmeri entre les pierres d'eſſais.

Au moyen de ces limes de differentes eſpeces, au moyen de nos differentes pierres, & de nos caſſures qui ont tous les ordres de grains, nous ſommes en état d'éprouver & de comparer la dureté des aciers avec préciſion. Il ne s'agit que de tâter avec quelles pierres on peut faire impreſſion ſur chaque ordre de grains, le rayer. Ce n'eſt pas ſur la caſſure même qu'on fera l'eſſay, mais ſur une des ſurfaces plates de la lame, tout auprès du bord de la caſſure : quelques exemples mettront au fait

de cette methode. Si je tâche, & que je vienne à bout, de faire une raye avec le verre, ou la lime sur le troisiéme ordre de grainure d'un acier, sur la grainure la plus fine, j'en conclus que cet acier n'a pas asses de dureté dans l'endroit où il y a le grain fin; qu'on n'en sçauroit faire aucun outil dur avec le degré de trempe qui lui donne ce grain; sur tout lorsque j'ai vû que d'autres aciers ne sçauroient être rayés dans le même ordre de grainure même par l'Esmeri. Si j'ai besoin de faire des outils d'une très-grande dureté, & à qui la finesse du grain importe moins, & que j'aie trouvé que le second ordre de grainure d'un acier ne peut être rayé par l'Agathe ou le Jaspe, pendant que le même ordre de grainure dans divers autres aciers, sera rayé par le Cristal, ou le Caillou de Medoc, je prendrai par préference l'acier qui a résisté à l'Agathe. Enfin si j'ai besoin d'outils extraordinairement durs, lorsque j'aurai trouvé par mes essais un acier, comme il y en a, dont le premier ordre de grainure résiste à la Topaze orientale, quoyque d'autres aciers, dans le même endroit, puissent être rayés par la Jaspe, ou même par le Caillou, je choisirai l'acier que j'ai reconnu avoir résisté à la Topase. En voilà asses pour voir comment on peut comparer les differents degrés de dureté de differents aciers, & les avantages qu'on peut tirer de cette comparaison.

La même methode donne encore le moyen de

découvrir de quelle façon les deux proprietés essentielles, que nous examinons, se combinent dans un acier. Si mes essais, par exemple, m'apprennent que le grain fin a autant, ou presque autant de dureté que le grain mêlé, ou le grain du second ordre. Comme le grain fin est de lui-même un avantage, & qu'il est outre cela joint à celui du corps, on ne donnera aux outils de cet acier, que la trempe où il prend le grain fin. Si au contraire l'acier qu'on veut employer a une dureté beaucoup plus considérable dans son grain mêlé, que dans son grain fin, & que son grain mêlé ne soit pas extremement gros, on donnera à l'outil fait de cet acier la trempe qui lui fait prendre le grain mêlé. Si on reconnoît que le grain blanc d'un acier n'est pas considérablement plus dur que le grain mêlé, quoyqu'on ait besoin de faire de cet acier un outil extremement dur, on ne le trempera qu'au degré de chaleur qui donne le grain mêlé.

Des trois qualités essentielles de l'acier, le corps est celle dont la mesure, pour être soumise à des regles, demande plus de préparatifs. Nous avons défini le degré de souplesse, ou le degré de moindre roideur, qui reste à un acier trempé. Pour décider lequel de deux aciers a le plus de corps, tout se réduit, à la verité, à pouvoir juger lequel de deux aciers de mêmes dimensions en tous sens, & trempés, aiant le même degré de chaleur, lequel, dis-je pourra se laisser plier da-

vantage : mais cela suppose aussi deux difficultés, la premiere est de donner précisément les mêmes dimensions à deux morceaux d'acier, & la seconde de les chauffer l'un & l'autre à un degré de chaleur égal. Ces deux difficultés levées, il ne restera plus qu'à avoir une maniere réguliere de les plier, & qui permette de mesurer les plis, ce qui n'est pas mal-aisé.

Pour avoir deux morceaux d'acier bien égaux en tous sens, je ne sçai qu'un moyen sur, c'est de les faire tirer à la filiere. On sera suffisamment certain de leur calibre, dès qu'on les aura fait passer plusieurs fois par les mêmes trous. On pourroit en forger dans des étampes, ou encore les travailler à la lime, & mesurer leur épaisseur, mais tout cela n'approcheroit pas de la précision de la filiere, & seroit beaucoup plus long.

Supposons donc que nous avons fait reduire en fils de même diametre les aciers dont nous avons envie de comparer le corps ; la grande difficulté qui paroîtra rester sera de les chauffer l'un & l'autre dans toute leur longueur à un même degré pour les tremper. Elle seroit même une difficulté insurmontable, s'il falloit les mettre immediatement sur les charbons, comme on le pratique ordinairement. L'ardeur du feu n'agira jamais également sur les deux morceaux d'acier, ni même sur toute la longueur de chacun de ces morceaux ; les charbons sont inégalement distribués, & le vent soufle inégalement sur ces charbons. Pour

les chauffer avec une égalité parfaite, il faut qu'ils ſoient entourés l'un & l'autre, & dans toute leur longueur d'une égale quantité de matiere également chaude. C'eſt ce qui m'a fait penſer à les faire chauffer au milieu du plomb fondu. J'ai d'abord pris un creuſet rond * précisément cylindrique, ſemblable à ceux dont nous avons parlé pour les eſſais en petit, mais d'un diametre bien moindre; afin de n'être pas obligé de faire fondre une plus grande quantité de plomb, que l'expérience ne le demandoit; la longueur du creuſet étoit de huit, à neuf pouces, c'eſt-à-dire, de quelques pouces de plus que le fil d'acier, dont je voulois éprouver le corps. On ne commence pas par penſer à tout. Il y a ici un inconvenient, c'eſt que ſi l'on tient le plomb long-temps en fuſion, pour peu que le creuſet ſoit d'une terre poreuſe, on perd une partie de ce metal; il traverſe les parois du creuſet, il les imbibe, & dégoute enſuite. Une eſpece de creuſet plus commode pour les Ouvriers en fer ſera un canon de piſtolet, ou un morceau de canon de fuſil. * Il faut pourtant que ce canon ſoit bien ſoudé par tout, qu'il n'ait aucunes fiſtules, quelque peu qu'il y ait de jour à s'ouvrir des paſſages, le plomb le trouvera, on le verra tomber par goutes plus ou moins groſſes, ſelon la grandeur des iſſues qu'il ſe ſera faites. Après tout on ne riſquera pas de grands frais; on a le temps de faire bien des expériences, telles que nous les propoſons ici, avant qu'un quarte-

* Pl. 9. fig. 12.

* Pl. 9.

ron de plomb ſoit paſſé au travers de notre petit creuſet de fer.

Si on veut ſe ſervir de creuſets de terre au lieu d'y faire fondre du plomb, on pourra y faire fondre de l'étain, il ne paſſera pas au travers des parois avec la même facilité à beaucoup près.

Soit qu'on ait fondu du plomb, ou de l'étain, ſoit qu'on ait choiſi un creuſet de terre, ou un morceau de canon de fuſil, on ne ſe contentera pas de rendre le metal fluide, on lui fera prendre le plus grand degré de chaleur que la forge pourra lui donner. On plongera, & on tiendra plongés, dans ce plomb en bain, les fils d'acier qu'on a preparés; étant tous entourés de même matiere & également chaude, les fils égaux y prendront un égal degré de chaleur; qu'on les y laiſſe quel temps on voudra, pourvû qu'on les retire enſemble, & qu'on les trempe en même-temps dans l'eau froide, ils auront été tous trempés au même point.

Ces fils, ou tous autres morceaux d'acier, étant tenus dans le plomb où l'étain fondu, pendant un certain temps, il y a lieu de croire qu'on donnera à l'acier toute la chaleur qu'il peut prendre dans ce fluide metallique, & que ce degré ſera un degré de chaleur conſtant, un degré de chaleur déterminé; qui dans quelques circonſtances, dont nous parlerons dans la ſuite, pourra être pris par un degré de chaleur fixe. Une des plus curieuſes

expériences de la nouvelle Physique est celle de M. Amontons, qui a observé que l'eau venuë au point de boüillir a acquis le plus grand degré de chaleur où elle peut parvenir ; on a beau pousser le feu, il ne peut rien lui donner de plus. Le plomb ou l'étain qui viennent de commencer à se fondre, peuvent être regardés comme l'eau qui vient de se degeler : la chaleur où peuvent arriver ces fluides metalliques est considérablement plus grande que celle de l'eau boüillante, mais probablement c'est un degré de chaleur determiné, qui a ses bornes comme le degré de chaleur de l'eau boüillante a les siennes ; & on l'a fait prendre, ce degré de chaleur, au plomb, ou à l'étain, quand on a poussé le feu aussi violemment qu'on le peut, & peut-être bien auparavant. Ce que nous venons de dire du plomb & de l'étain est probable aussi de tous les fluides metalliques ; il y a apparemment un terme, où quand ils sont parvenus le feu ordinaire n'ajoute plus à leur chaleur, & ce terme est vraisemblablement different en differents metaux. Il seroit curieux de le connoître & de sçavoir quel rapport ont entre eux les plus grands degrés de chaleur dont les metaux, tous les fluides, & même les autres corps sont susceptibles, & quels rapports ont ces plus grands degrés de chaleur avec la pesanteur specifique de ces corps, & avec la difficulté qu'on trouve à les mettre en fusion ; j'ai fait autrefois bien des experiences sur cette matiere, mais je

n'en ai pas fait à beaucoup près asſés pour m'éclaircir.

Ce qui paroît bien sûr, c'eſt que differents metaux ſont ſuſceptibles d'un plus grand degré de chaleur, qu'ils ont chacun un *maximum* de chaleur different. Pour preuve, faites fondre dans un creuſet du plomb; faites fondre dans un autre pareil creuſet même quantité de fonte de fer, pouſſez-le plus loin qu'il ſera poſſible le degré de chaleur de ces deux fluides metalliques, & plongez dans chacun un morceau de fer égal. Le bout de celui qui aura été plongé dans la fonte de fer prendra la couleur la plus blanche que le fer puiſſe prendre au feu, ſi même on n'y a plongé qu'un fil de fer, ce fil de fer s'y fondra : au lieu que le fil de fer qui aura été mis dans le plomb, ou dans l'étain ne s'y fondra point.

Comme nous nous ſervons du plomb pour chauffer également les aciers dont nous voulons éprouver le corps, de même pour chauffer également les aciers dont on veut voir avec préciſion la ſuite des differents ordres de grainures, on ſe ſervira de fonte de fer. Pour ce qui eſt de cette matiere on la mettra dans des creuſets ordinaires; elle n'a pas beſoin d'un creuſet de fer comme le plomb. Et c'eſt-là la maniere que nous avons promiſe comme ſure pour chauffer également les aciers dont on veut comparer les differents ordres de grainure.

Mais pour revenir à nôtre eſſay du corps de l'acier,

cier, les fils qui ſont de même groſſeur & longueur, plongés dans le plomb fondu, ou l'étain fondu, ou, ſi l'on veut, même dans la fonte de fer, qui ont été retirés en même-temps, & enſuite trempés, ont été trempés auſſi également qu'il eſt poſſible; ſi l'un des deux eſt plus flexible que l'autre, il a plus de corps. On peut imaginer bien des moyens de meſurer leur flexibilité; celui dont je me ſuis le plus ſervi demande la conſtruction d'une petite machine *; elle eſt composée d'une platine de cuivre * ou de fer, placée horizontalement & arrêtée par des vis ſur une piece de fer pliée deux fois en équerre. Nous ne donnons point les meſures des differentes pieces de cette machine, elles ſont aſsés arbitraires, & avec l'échelle de la pl. 10. on trouvera toutes les dimenſions de celle que j'ai fait faire. A un des bouts de la platine, il y a un petit étau * fixé contre la même piece qui porte cette platine; l'uſage de cet étau eſt de tenir ſerré un des bouts du fil d'acier dont on veut éprouver le corps. Les deux branches de la piece recoudée, qui porte la platine; ſont prolongées par de-là cette platine; ſoit qu'elles ayent été recoudées près de leur bout, ſoit qu'on y ait rapporté une autre petite piece, ce bout eſt plus élevé que le reſte, & percé par un trou quarré *; il a une eſpece de lunette pareille à celle de quelques Tours: ces deux lunettes, ou ouvertures reçoivent une piece de fer forgée quarrément * & plus longue que la platine; elle peut aller & ve-

* Pl. 10.

* fig. 1. BB.

* fig. 1. C.

* fig. D. D.

* fig. 1. E.

Oo

nir dans les lunettes. Cette piece eſt rénflée vers le milieu & cela parce qu'elle y eſt percée d'un trou taillé en écrou, dans lequel eſt engagée une longue & groſſe vis *: une des branches, qui reçoit la piece qui porte la groſſe vis, eſt encore percée en deſſus par un écrou dans lequel eſt une petite vis *, qui étant ſerrée, arrête fixement cette piece; or comme cette piece peut ſe mouvoir quand on le veut, dans les lunettes, il eſt clair qu'on peut tenir la groſſe vis plus ou moins éloignée de l'étau.

* F. G.

* I.

L'uſage de cette machine eſt ſimple. On geſne dans l'étau un des bouts du fil de fer * qui a été trempé, aiant attention de poſer le fil horizontalement, & qu'il ſoit à la hauteur de la vis. La vis étant tournée juſqu'à ce qu'elle touche ce fil, ſi on continuë à la tourner davantage, elle pouſſera le fil devant ſoi. Elle contraindra le fil à ſe plier, & enfin ſi on continuë à faire avancer la vis juſqu'à un certain point, le fil, dont la flexibilité a été pouſſée à bout, ſe caſſera.

* N. O.

On remarquera ſur la platine l'endroit juſqu'auquel la vis étoit avancée quand le fil s'eſt rompu. Pour le remarquer plus commodement, cette platine peut être diviſée en autant de parties qu'on voudra par des lignes perpendiculaires à la direction de la vis. Qu'on ôte de l'étau le fil d'acier qui s'y eſt rompu; qu'on en mette un autre en ſa place; que la vis le force à ſe plier peu à peu; qu'on obſerve encore où étoit la vis lorſqu'il s'eſt caſſé: le plus flexible de ces deux fils, celui qui avoit

le plus de corps eſt celui qui avant de ſe caſſer a permis à la vis d'avancer davantage. La difference des eſpaces donnera une meſure de la flexibilité, ou du corps de l'acier.

Nous avertirons que le bout de la groſſe vis * doit être percé comme celui d'une clef, & qu'il faut avoir une petite piece dont la tige ſoit ronde, & puiſſe entrer dans ce trou *, & y tourner librement; & qu'en dehors de la vis, cette tige ſe doit terminer par une petite fourche dans laquelle on met le fil de fer; autrement il ſeroit difficile à la vis de pouſſer le fil devant elle, il s'échapperoit par deſſus ou par deſſous.

* G.

* H.

Au lieu de graduer la platine, il ſera encore plus commode d'avoir une petite regle graduée, & mobile ſur la platine. Une piece de fer recourbée, de façon que ſes deux parties ſoient paralleles l'une à l'autre, ſervira à faire cette regle *, il ne reſtera de diſtance entre les deux parties, qu'un peu plus que la platine a d'épaiſſeur. La platine entrera librement dans l'intervale qui eſt entre ces deux parties; celle de deſſous aura une vis * qui étant ſerrée fixera la regle où on aura jugé à propos de la placer. La partie ſupérieure, qui eſt à proprement parler la regle, ſera diviſée de ligne en ligne, ou de plus près en plus près, ſi on le ſouhaite.

* Fig. 1. K, L.

* Fig. 2. M.

Voici l'uſage de cette petite regle. Le fil de fer à eſſayer étant en place, c'eſt-à-dire, geſné par un bout entre les machoires de l'étau, & aiant ſon

autre bout dans la petite fourche de la grosse vis ; on approchera & on assujettira le bout de la regle tout près du bout de la branche inferieure de la fourchette ; on tournera la grosse vis doucement, & à mesure qu'on la tournera, on verra à quel endroit de la regle correspond le bout de la branche inférieure de la fourchette : dans l'instant que le fil se cassera, on cessera de tourner la vis ; & on remarquera la division de la regle où étoit parvenu un bout de la fourchette, lorsque le fil s'est cassé. Qu'il fût arrivé, par exemple, à la huitiéme ligne, à la huitiéme division ; & que quand un autre fil se cassera, que le bout de la même branche n'ait avancé que jusqu'à la sixiéme division ; on voit alors que le premier est d'un acier qui avoit plus de corps.

Les fils qu'on mettra dans la machine ne seront pas toujours aussi droits qu'on le souhaiteroit, souvent ils se voilent à la trempe. Plus ils seront courts, moins ils seront exposés à se voiler ; mais aussi moins ils se plieront avant de se casser. Cependant il est rare qu'ils se voilent assés pour empêcher de juger suffisamment du succés de l'experience.

Après avoir comparé le corps de deux aciers, on ne manquera pas de comparer encore leur grain : car si celui qui a le plus de corps se trouve avoir en même temps un plus gros grain, c'est une marque qu'il auroit beaucoup plus de corps, si on le trempoit moins chaud, pour lui donner la grainure

de l'autre. On feroit un raiſonnement contraire, ſi l'acier qui a caſsé plus près du bout de la regle, a le grain le plus gros; en le trempant moins chaud, on pourra lui donner plus de corps, & la grainure du premier.

On pourroit encore avoir par des poids la meſure du corps, de la flexibilité. L'ouverture que nous venons de propoſer ſuffit ſans que nous donnions de deſſeins, ni même d'explication, de la façon dont on attacheroit à l'acier la corde qui paſſeroit enſuite ſur une petite poulie, & ſeroit chargée a ſon autre bout de poids qu'on augmenteroit au point néceſſaire.

Les faiſeurs de reſſorts de montres & de pendules ont plus beſoin qu'aucuns autres Ouvriers d'avoir des aciers qui aient du corps. Ils leurs donnent des recuits dont il n'eſt pas encore temps de parler. Ils doivent rouler ces aciers; ceux qui n'ont pas de corps ne ſe laiſſent pas rouler. On pourroit éprouver le corps des aciers d'une façon qui revient à leur maniere de travailler; avoir de petites roües creuſes de differents diametres, des eſpeces d'anneaux *. L'acier qui ſe laiſſeroit tourner ſur l'anneau du moindre diamettre, ſeroit celui qui auroit le plus de corps; mais alors il faudroit que l'acier fût forgé en lames minces, ou tiré en fil fin, autrement il n'auroit pas aſſés de flexibilité pour ſoutenir l'épreuve. On arrêteroit un bout de la lame, ou du fil ſur l'anneau avec une vis *, & on tâcheroit d'appliquer le reſte de

* pl. 9. fig. 14. & 15.

* fig. 15, &c.

l'acier ſur la circonference de l'anneau, ſoit à la main, ſoit avec un petit crochet *.

* b, d.

Ces façons d'éprouver le corps de l'acier ſont à la verité les plus exactes qu'on puiſſe ſouhaiter, mais elles demandent un peu trop d'appareil pour être pratiquées ordinairement. Je doute qu'on aille juſqu'où elles montrent qu'on peut aller. Du moins ne peut-on guére ſe promettre que le commun des Ouvriers y auront recours; ceux qui mettent l'acier en œuvre ne ſont point pourvûs des machines néceſſaires pour le tirer en fil, & quoyque ce travail ſoit fort ſimple, ils pourroient y être embaraſsés. Il leur faudroit une filiere, & quelque choſe d'équivalent au *banc* des Orfévres, ils y pourroient auſſi employer de petits crics pareils à ceux de M. Daleſme décrits dans les Memoires de l'Academie de 1717.

Au défaut de ces methodes préciſes, on peut recourir à une plus groſſiere, qui ne laiſſe pourtant pas d'être bonne, & qui donne le moyen d'éprouver la dureté de l'acier, en même-temps qu'on éprouve ſon corps. Les Ouvriers ne connoiſſent guére d'autre ſorte d'épreuve que celle dont nous voulons parler, nous y ferons quelques additions qui ne lui ſeront pas inutiles. Pour eſſayer un acier, on en forge un ciſeau à couper à froid. On forge ce ciſeau ou de pur acier, ou, ce qui ſuffit, on acere ſeulement le bout de ce ciſeau. On trempe ce ciſeau, & on remarque à quel degré de chaleur, à quelle couleur on l'a trempé. On eſ-

ſaye enſuite ſi ce ciſeau peut couper le fer à froid ; s'il refoule, on le chauffe, & on le trempe plus chaud ; la premiere trempe ne lui avoit pas donné la dureté néceſſaire. Si après la ſeconde trempe, il s'égraine, elle ne lui laiſſe pas aſsés de corps : on cherche à le tremper dans un degré moyen entre les deux précedents ; ſi on n'en trouve aucun où cet acier ne pêche par l'une des deux extremités ; ſçavoir ou de refouler, ou de s'égrainer, c'eſt une preuve sûre que cet acier ne ſçauroit avoir aſsés de corps quand il a beaucoup de dureté. Au lieu de tremper à des degrés de chaleur plus foibles, on lui donne auſſi des recuits ; mais ce n'eſt pas ici le temps de parler de ces recuits.

Si le ciſeau réſiſte à couper le fer à froid, on peut le lui faire couper de deux manieres differentes ; ſçavoir ou obliquement, ou perpendiculairement *. Quand on le lui fait couper obliquement *, on l'appuye ordinairement ſur l'arrête de la barre qu'on veut couper ; on en enleve des coupeaux, comme on en enleveroit d'un morceau de bois ; on les prend minces d'abord & enſuite plus épais, c'eſt-à-dire, qu'on tient le ciſeau tantôt plus & tantôt moins incliné, & qu'on frappe deſſus, plus ou moins fort ſelon la groſſeur du coupeau qu'on veut emporter. La coupure du fer, l'endroit d'où le coupeau a été détaché *, donne elle-même à connoître la dureté de l'acier. Plus les aciers ſont durs, plus les coupures ſont nettes, vives & brillantes. On juge favorablement de l'acier, s'il en-

* pl. 9. fig. 17.

* m.

* n.

leve de gros coupeaux ſans s'égrainer, ſans ſe caſſer. Si pourtant l'acier s'égraine, le jugement qu'on porteroit contre lui ne ſera pas auſſi sûr ; ſi la main qui tient le ciſeau chancelle pendant qu'on frappe, le tranchant, qui avoit aſsés de corps, ne laiſſera pas de ſe caſſer.

Cette ſorte d'épreuve ne donne aucun terme de comparaiſon, elle ne ſçauroit apprendre ſi un acier l'emporte ſur un autre. Voici de quoy la rendre plus préciſe ; je fais forger une lame d'acier du plus mauvais, du moins dur *; je la trempe foiblement par un des bouts * ; je la diviſe en pluſieurs parties, comme une regle ; elle eſt la meſure de la dureté & du corps des aciers. Après avoir fait forger un ciſeau d'acier, je lui fais donner ſucceſſivement divers degrés de trempes, de recuits, & donner auſſi diverſes épaiſſeurs à ſon taillant. J'éprouve enſuite, après chaque opération, juſqu'à quel endroit, juſqu'à quelle diviſion, & quelle partie de cette diviſion, mon ciſeau peut couper l'acier trempé ſans s'égrainer ; quand j'ai trouvé le terme par de-là lequel je ne puis lui donner de priſe ſur l'acier, je le marque. Suppoſons que notre ciſeau n'a pû faire d'impreſſion par delà la troiſiéme ligne. Je fais forger un pareil ciſeau d'un autre acier, & après avoir eſſayé les trempes & recuits qui lui donnent le plus de dureté & de corps, ſi je parviens à faire couper ce ſecond ciſeau juſqu'auprès de la deuxieme diviſion, je connois que cet acier a plus de corps que l'autre

* Pl. 9. fig. 16.

* h.

l'autre & probablement plus de dureté.

Il y a peu de ciseaux d'acier qui puissent couper un autre acier trempé, même à l'ordre de sa grainure fine; pour que toutes sortes d'aciers puissent être éprouvés, il leur faut opposer quelque chose de moins dur, pour cela j'ai une lame d'un fer naturellement dur, dont un des bouts a été chauffé & trempé presque fondant. Tout acier ne peut pas mordre sur ce bout, ni même à quelque distance de ce bout. De sorte que je puis graduer & que je graduë cette barre de fer, pour comparer les qualités de differents aciers.

Au lieu de se servir d'un marteau, on pourroit frapper sur le ciseau, posé verticalement, par le moyen d'un poids qui tomberoit d'une certaine hauteur fixe, & dans une direction constante; cela s'executeroit aisément en se servant d'une machine pareille à celle avec laquelle les Epingliers frappent les têtes des épingles, & ce seroit, à mon avis, un bon moyen de reconnoître les aciers les plus propres à faire des taillants très-vifs. Je suppose qu'on eût donné à des ciseaux, faits de differents aciers qu'on veut éprouver, la même largeur & à peu près le même angle, qu'on leur fit couper du fer, ou même du bois ou quelqu'autre matiere; il est clair que le ciseau le plus trenchant seroit celui, qui frappé par un nombre de coups moindre, auroit coupé une partie d'une égale ou plus grande épaisseur. Que l'un n'eût coupé qu'après trente coups, ce que l'autre auroit

coupé après vingt, on jugeroit du rapport qui est entre les aciers dont ces ciseaux sont faits. Mais dans l'état où sont les arts, tant qu'on ne cherchera pas à entretenir une noble émulation entre les Ouvriers, tant qu'on négligera de récompenser ceux qui se distinguent dans leur profession, il ne faut pas se promettre qu'ils s'attacheront à de pareilles recherches, & qu'ils feront quelque chose avec précision.

Outre les veines de fer qui peuvent se trouver dans l'acier, il peut se trouver d'autres inegalités dans sa tissure qui ne seroient pas si aisées à reconnoître. Nous avons vû qu'il y en a de plus ou moins fins, de plus ou moins durs les uns que les autres. Ces differences, que nous n'avons considerées qu'en differents aciers, peuvent se trouver dans la tissure d'un même acier, & le rendre défectueux. La meilleure methode que je sçache pour reconnoître si un acier est partout de même qualité, c'est d'en faire travailler un morceau au tour, en faire un cylindre plus ou moins long, & plus ou moins gros à volonté. Les Horlogers sont souvent obligés d'en tourner pour faire des arbres de roues & de pignons, &c. Ils éprouvent qu'il y a des aciers dont la tissure n'est pas égale, le burin mord davantage dans les endroits moins durs, les creuse plus que le reste. Au lieu que nos autres épreuves sont sur les aciers trempés, celle-ci se fait sur des aciers qui ne le sont pas.

En general on peut auſſi porter quelques jugements ſur la qualité des aciers non trempés, en examinant leurs caſſures ; Je voudrois qu'un Ouvrier attentif fût muni de toutes les caſſures des eſpeces d'acier non trempé, comme d'acier trempé. Ce que les caſſures de l'acier non trempé font connoître le plus diſtinctement, c'eſt ſi l'acier a des grains, ou lames de fer, pour peu qu'il en ait ils paroiſſent avec un brillant qui les fait reconnoître parmi les autres grains. Ces lames de fer lorſqu'elles ſont diſpersées par-ci par-là ne ſont pas ſi ſenſibles dans l'acier trempé ; on ne ſçauroit les diſtinguer dans l'ordre des grains blancs ; dans celui des grains mêlés, on ne ſçait pas sûrement s'ils ne viennent pas du mêlange ; & ſi on les voit dans l'ordre des grains fins, on peut quelquefois douter ſi ce n'eſt pas un reſte de grain mêlé.

Ce que j'ai obſervé encore ſur les caſſures des aciers non trempés & bien recuits, c'eſt que plus les grains de ces caſſures ſont fins, & plus ils ſont gris, & plus les aciers ſont difficiles à travailler ; ceux dont les grains ſont plus gros ſe laiſſent employer plus facilement. Il en eſt de même de ceux, dont la couleur eſt moins terne.

J'ai crû pouvoir comparer la dureté de deux aciers differents après les avoir fait forger dans des êtampes, où je leur avois fait donner la figure de priſmes qui avoient pour baſe des triangles rectangles égaux. Il me ſembloit qu'en poſant l'angle droit de

Pl. 10. fig. 3.

l'un sur l'angle droit de l'autre *, & frapant ensuite sur le supérieur, que le plus dur des deux aciers devoit entailler l'autre : mais ordinairement je les ai trouvés entaillées tous deux. Le coup n'est pas aussi instantanée qu'il le paroît, le prisme supérieur parcourt un chemin ; si d'abord il a forcé les parties du prisme inférieur à ceder, ou à se casser, après que le tranchant de l'angle inférieur a cedé, ou a été cassé, il est plus épais, & en état de faire ceder à son tour, ou de casser le tranchant de l'angle supérieur. Il en seroit arrivé de même si l'angle supérieur eût cedé le premier. Je ne parle de cette expérience qu'afin que ceux dans l'idée de qui elle viendroit, comme elle m'est venuë, puissent s'en épargner la peine.

L'explication des planches, qu'on a fait, à dessein, très-détaillée aidera encore à éclaircir ce qui peut rester d'obscur dans les vûës que nous avons proposées pour reconnoître les qualités des aciers, & comparer celles d'aciers differents.



Explication de la huitiéme planche.

LA *fig.* 1. *eſt une bille d'acier intraitable, ſa ſurface eſt toute remplie de gerſures.*

La fig. 2. *eſt une autre bille d'acier gerſeux, mais qui l'eſt moins que le précedent. Ici les gerſures ſont principalement ſur les angles, comme en A. Quelquefois les gerſures ſont ſi fines, qu'il faut y regarder de près pour les appercevoir.*

La fig. 3. *eſt un morceau d'acier dont on a recourbé la partie D B pour la ramener ſur D C. Cet acier étant de mauvaiſe qualité, peu propre à ſe laiſſer travailler, s'eſt caſſé en partie dans le coude D; quoiqu'il fût chaud quand on la replié.*

Les fig. 4, 5, 6, 7. *ſont des caſſures de differentes billes d'acier ſur chacune deſquelles il y a une de ces taches appellées roſes. La roſe de chaque bille a une couleur & une figure differente.*

La fig. 8 *eſt une petite bille d'acier, dont le bout F a été étiré en pointe; & enſuite chauffé & trempé. Si on frappe ſur le gros bout L, on caſſe la pointe F G. Dans la même figure, M marqué de ces fentes appellées pailles, qui ſont des parties mal ſoudées avec le reſte, & qui quelques fois peuvent être enlevées, quand elles ſont minces.*

La fig. 9. *eſt composée des morceaux ſéparés f g, g h, h i, i k. Ce ſont differents morceaux d'acier qu'on ſuppoſe avoir été faits en frappant ſur la fig.* 8. *qui a été*

cassée successivement en G, H, I, K. il faut supposer que la pointe avoit été chauffée presque fondante pendant que le bout L étoit resté presque froid, ou n'avoit pas pris de couleur; au moyen de quoy les cassures les plus proches de F ont des grains plus gros que celles qui ont été faites plus loin. ce qu'on peut remarquer en g h, h i, i k.

La fig. 10. est une lame d'acier qui a été forgée pour être soudée sur une lame de fer, & cela pour pouvoir ensuite casser la lame d'acier, de façon que la cassure montre la suite de tous les ordres de grains.

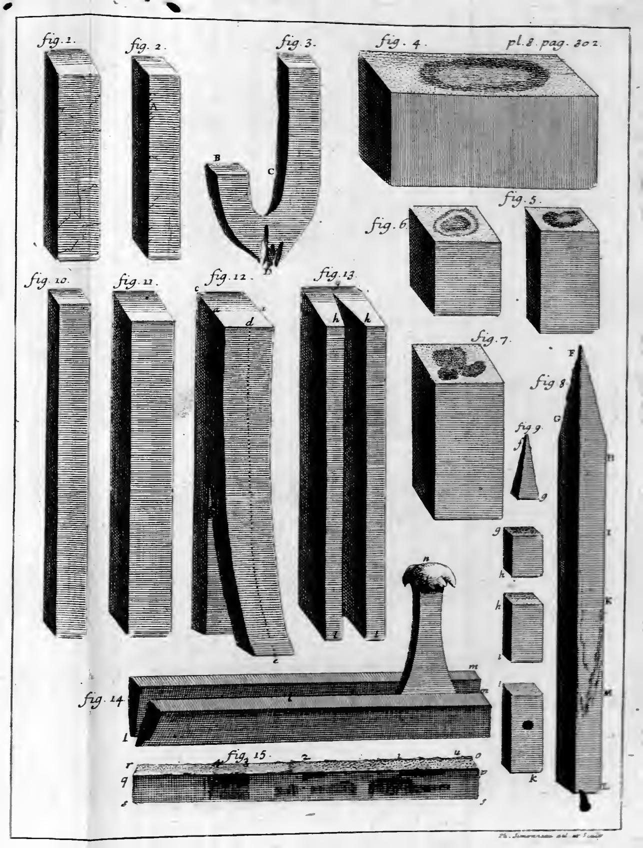
La fig. 11. est la lame de fer.

La fig. 12. représente ces lames soudées en partie l'une sur l'autre. Elles sont entierement soudées en a a, & jusqu'en b. d b a, est la lame de fer. c b a la lame d'acier. d e, est la ligne suivant laquelle la lame de fer doit être entaillée après qu'elle aura été soudée.

La fig. 13 fait voir la piece toute préparée. g h h, i i k, est l'entaille qui a été creusée dans le fer; ce qui reste par de-là l'entaille est acier. Il ne s'agit plus que de chauffer un bout de cette piece fondant, & le tremper; après quoy on sera en état de la casser en long.

La fig. 14. est la piece précedente, qu'on a déja cassé en partie sçavoir en l l, & qu'au moyen du ciseau n, on force de s'entrouvrir en m m, & aux environs.

La fig. 15. est une des moitiés, venuë de la division de la piece précédente. La surface p q f f est celle du fer qui a été coupé par le ciseau, ou la lime qui a fait l'entaille. o p q r est la cassure de l'acier sur laquelle on trouve la suite des differents ordres de grainure. o, 1, est le premier ordre; l'ordre de la grainure à gros grains. 1, 2, le second or-


fig. 1.
fig. 2.
fig. 3.
fig. 4.
pl. 8. pag. 302.
fig. 5.
fig. 6.
fig. 7.
fig 8.
fig 9.
fig. 10.
fig. 11.
fig. 12.
fig. 13.
fig. 14
fig. 15.

dre de grainure, l'ordre des grains mêlés ; 1, 3 le troisiéme ordre, l'ordre des grains fins : 3, 4 & tout ce qui suit est le grain qu'a l'espece d'acier représenté ici, lorsqu'il n'a pas pris la trempe, le quatriéme ordre de grainure. La partie o, u est composée de grains moins blancs, & moins brillants que ceux qui suivent dans le même ordre, & cela parce que le bout a été chauffé presque fondant.

Explication de la neuviéme planche.

LA fig. 1 est une lame d'acier forgée en rasoir, afin qu'on la puisse casser aisément en long. A A le dos beaucoup plus épais que le reste. B C entaille faite avec le ciseau suivant la ligne où l'on veut casser cette lame. Si le bout C est celui qui ne doit pas prendre la trempe, on y creuse plus l'entaille que vers B.

La fig. 2. est la lame précedente qui a été cassée tout du long de l'entaille B C. Sur la cassure D E paroissent les differents ordres de grainure. Cet acier est un acier grossier, de très-mauvaise qualité. Sa grainure du premier ordre, 1, 2, n'est pas aussi blanche, aussi vive que celle de quelques autres aciers ; mais ce qui y est plus à remarquer, c'est que les grains y semblent arrangés par couches paralleles, ce qui y dénote du fer. Ces couches sont encore plus sensibles dans le second ordre de grainure 1, 2. On y voit des especes de fibres qui sont pur fer. Ces fibres paroissent encore davantage dans le troisiéme ordre 2, 3. C'est aussi une regle que le fer qui est mêlé avec l'acier paroît toujours

plus dans le 3. ordre de grainure que dans les précedents. Dans le premier il est en grains blancs, qui ne peuvent guéres être distingué de ceux de l'acier, que lorsqu'on les tâte à la lime. La cassure du 4e. ordre 3, 4, ressemble à celle des fers fibreux.

La fig. 3. est composée des quatre morceaux F, F, F, F, qui ont été séparés de la fig. 1.

La fig. 4. est une autre lame d'acier; on voit par sa cassure qu'il est encore grossier, mais moins que le précedent; dans le second ordre de grainure 1, 2, il paroît une petite veine de fer i. Il y en a deux plus grosses dans le 3e. ordre 2,3. Les grains du 3e. ordre de cet acier, & du précedent, ne sont pas aussi fins que ceux de la fig. suivante. Le 4e. ordre 3, 4, est composé en partie de grains, & en partie de fibres.

La fig. 5. represente comme les précedentes la cassure L M d'un acier, mais plus fin que les précedents, & tout des plus fins. Le grain du 1er. ordre n'est nullement mêlé. La grainure du 2e. ordre 1,2 est bien mêlée. Le 3e. ordre 2,3 est composé de grains très-fins, bien détachés les uns des autres. Le 4e. ordre n'a que des grains, qui sont eux-mêmes d'une grande finesse; & telle qu'elle égale celle du 3e. ordre de quelques aciers trempés; ils sont plus gris que ceux du 3e. ordre de cet acier. Une si grande finesse de grain dans l'endroit où l'acier n'est pas trempé, indique ordinairement un acier mal-aisé à mettre en œuvre, & qui a peu de corps.

Les fig. 6 & 7, représentent chacune la cassure d'un acier different. On s'est contenté de dessiner la surface de ces caßures. On suppose que les deux lames d'acier, sur lesquelles on les a dessinées, pour être chauffées également, ont été plongées

plongées chacune dans la fonte de fer fluide jusqu'en R R. o 1, est le premier ordre de grainure de l'une ; Q I M, le premier ordre de grainure de l'autre ; en 3 finissent les troisiémes ordres de grainures de l'une & de l'autre. Ce qu'on remarquera, & ce qu'on a eu en vûë de faire remarquer sur ces figures, c'est que la fig. 7. qui est l'acier le plus fin des deux, à une suite de grainure Q 3 plus longue que la suite de grainure o 3 de la fig 6. On remarquera de même que dans la fig. 7. le 3ᵉ. ordre de grainure 2, 3, est plus grand par raport à son second ordre de grainure 21, que ne l'est le 3ᵉ ordre de la fig. 6. par raport à son second ordre. Le 4ᵉ ordre f de la fig. 7 est composé de parties plus fines que le 4ᵉ ordre de la fig. 6.

La fig. 8. est la suite complete de la grainure d'un acier, représentée grossie à la loupe. La figure ne laisse pas de rester courte, parce qu'on suppose qu'elle est prise sur un morceau d'acier, dont il n'y a eu qu'un petit bout trempé. u i est le premier ordre qui paroît composé de lames semblables à celles que certains fers font paroître à la vûë simple. Ce qui fait voir que l'acier differe moins du fer par la figure que par la petitesse de ses parties. 1, 2, le second ordre qui a des lames brillantes mêlées avec des grains ternes. Dans le 3ᵉ ordre 2, 3, il ne paroît que des especes de grains. Qu'on n'en conclue pas néantmoins que les parties n'y ont pas, comme ailleurs, la figure de lames ; mais qu'on en conclue seulement que le microscope qui fait paroître dans le 1ᵉʳ & le 2ᵉ ordre des lames de la grosseur dont on les a représentées, n'en fait point paroître dans celui-ci. On y verroit des lames avec un microscope beaucoup plus fort. 3, 4 T ce qui n'a pas pris la trempe.

La fig. 9. est une bille d'acier dont le bout a été cassé; cet acier a été recuit, comme on l'a enseigné dans le 8. Memoire. La circonference de la cassure est une couche de fer, & tout le reste est acier.

La fig. 10. est un Fil d'acier dont on veut éprouver le corps.

La fig. 11. est un canon de pistolet, ou un morceau de canon de fusil dans lequel on fait fondre du plomb ou de l'étain pour chauffer également les fils d'acier, dont on veut comparer le corps.

Les fig. 12, & 13. sont des Creusets qui peuvent servir au même usage, ou à tenir en fusion de la fonte de fer dans laquelle on veut chauffer également des lames d'acier façonnées en rasoirs, comme celles des figures précedentes.

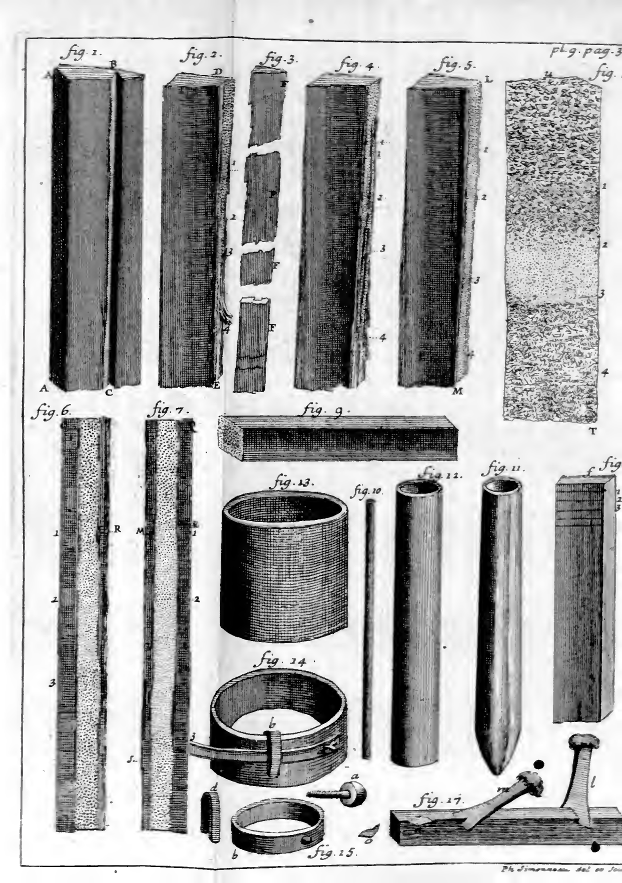
La fig. 14. est un anneau, ou cylindre creux sur lequel on peut rouler des lames ou des fils d'acier pour en éprouver le corps. a, Vis qui arreste un bout de la lame, ou du fil de fer. b Crochet qui tient cet acier appliqué sur l'anneau.

d b. Crochet vû séparement.

La fig. 15. est un autre anneau de plus petit diametre: l'expérience apprendra les diametres qu'on a besoin de donner à differents anneaux pour faire les essais.

La fig. 16. est une lame de mauvais acier, ou d'un fer dur, dont le bout f a été trempé; elle est divisée par des lignes paralleles. 1, 2, 3, elle sert à éprouver des ciseaux faits de differents aciers. Les meilleurs seront ceux qui couperont plus près de f, sans s'égrainer, & sans refouler.

La fig. 17. représente un morceau de fer sur lequel sont


Pl. 9. pag. 3
fig. 1.
fig. 2.
fig. 3.
fig. 4.
fig. 5.
fig. 6.
fig. 7.
fig. 9.
fig. 10.
fig. 11.
fig. 12.
fig. 13.
fig. 14.
fig. 15.
fig. 17.
Ph. Simonneau del. et Sculp.

deux ciseaux. l Un ciseau posé à plomb. m, Un ciseau posé obliquement. n, Coupure faite ci-devant par le ciseau tenu obliquement. Plus cette coupure est vive, nette, & meilleur est l'acier qui l'a faite. o Coupeau qui a été emporté par le ciseau.

Explication de la dixiéme planche.

LA *fig.* 1. *est la petite machine à éprouver le corps des aciers vûë par dessus. On peut la tenir à la main, mais il est plus commode de l'arrêter dans un étau.*

La fig. 2. *est la même machine vûë par dessous.*

Quelques-unes des parties de cette machine sont aussi représentées séparement; mais les mêmes lettres marquent par tout les mêmes parties.

A A les deux branches de la piece de fer recoudée, qui est la base de la machine.

B B platine de fer, ou de cuivre qu'on arrête fixement sur les deux branches.

C petit étau entre les machoires duquel on serre un bout du fil dont on veut éprouver le corps.

D D les deux lunettes ou trous qui reçoivent l'arbre mobile.

E cet arbre, percé en E par un trou en écroue.

F G la grosse vis.

H petite fourchette qui entre dans le bout de la grosse vis, & qui y tourne librement.

I petite vis qui ſert à arrêter l'arbre qui porte la groſſe vis. La groſſe vis eſt miſe plus proche, ou plus éloignée de l'étau, ſelon que la longueur des fils, qu'on veut eſſayer, le demande.

K L fig. 1. petite regle recoudée en L.

L M fig. 2. eſt la même regle. M eſt la vis qui l'arête contre la platine.

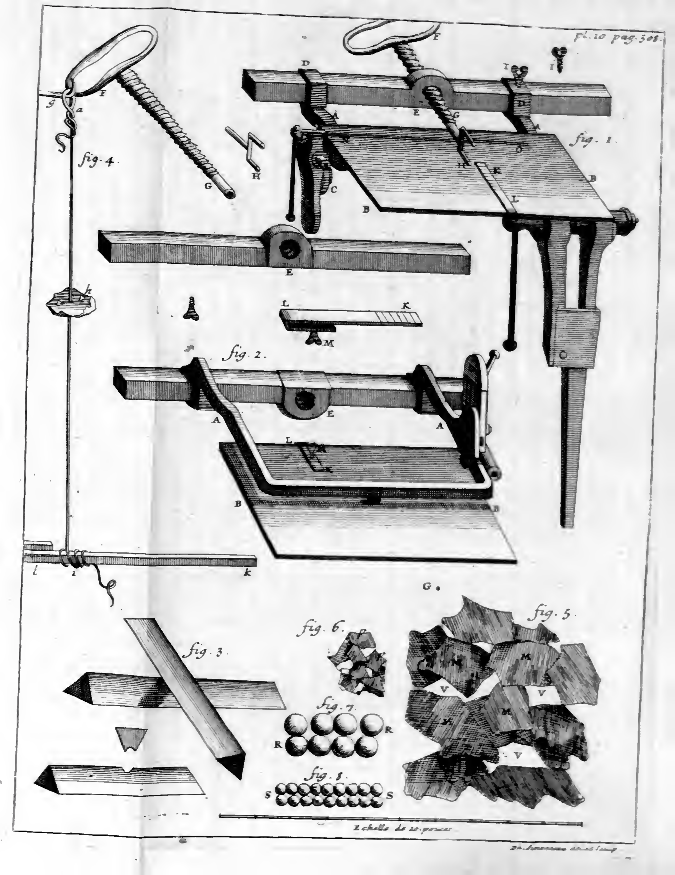
N O fig. 1. fil de fer qui eſt en place pour être caſſé, & qui le ſera lorſque le vis F G lui aura fait violence juſqu'à un certain point.

Fig. 3. deux priſmes d'acier égaux en tous ſens, mis l'un ſur l'autre. Ils ont été entaillés tous deux par le même coup qui a tombé ſur le ſupérieur.

La fig. 4. & les ſuivantes ſont pour l'éclairciſſement du Memoire 11e. g h i eſt un fil d'acier dont le bout ſupérieur eſt acroché en g. En h eſt une petite platine ſur laquelle on met un ou deux charbons rouges pour le chauffer en cet endroit au point néceſſaire pour lui faire prendre la trempe. k l, levier autour duquel eſt arrêté le bout inférieur du fil d'acier. La branche i k eſt beaucoup plus longue que l'autre, on la fait auſſi longue qu'on le trouve néceſſaire. La branche i l eſt arrêtée par quelque corps en l. On charge la branche k i pour caſſer le fil d'acier.

La fig. 5. repréſente un grain d'acier qu'on imagine prodigieuſement groſſi, ſa groſſeur naturelle étoit celle qui paroît en G. M, M, M ſont les molecules, dont ce grain eſt composé. V, V les vuides qu'elles laiſſent entr'elles.

La fig. 6. eſt une partie de ce grain, une molecu-

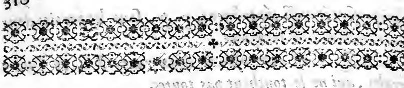

fig. 1.
fig. 2.
fig. 3.
fig. 4.
fig. 5.
fig. 6.
fig. 7.
fig. 8.
Echelle de 10. pouces

le representée aussi séparément. p, p, sont les parties dont cette molecule est composée.

La fig. 7. est composée de deux rangs RR de boules égales, qui ne se touchent pas toutes.

La fig. 8. est composée de deux rangs SS de boules plus petites que les précedentes, qui se touchent toutes.





ONZIEME MEMOIRE,

Explication des principaux effets que la trempe produit ſur l'acier.

NOUS avons aſsés vû que le principal caractere de l'acier, conſideré par rapport à nos uſages, conſiſte dans la proprieté qu'il a de s'endurcir par la trempe ; c'eſt cette proprieté dont tant d'arts profitent, & ſans laquelle ils ne ſubſiſteroient pas. Sans la trempe une infinité de machines & d'outils n'auroient pas la dureté qui leur eſt abſolument néceſſaire. Si on fait quelque attention à la ſimplicité du procedé qui donne tant de dureté à l'acier, après avoir regardé cet effet comme un des plus utiles de la nature, on n'héſitera pas à le mettre, comme Rohault l'a mis, au nombre des plus admirables ; j'ajouterai qu'il eſt un de ceux dont la cauſe merite le plus d'être connuë pour l'avantage des arts, & que je ne crois pas qu'elle l'ait été juſqu'ici, malgré les tentatives qu'on a faites pour l'expliquer ; on n'avoit pas des idées aſsés nettes de la nature de l'acier. Pluſieurs Phyſiciens ont voulu rendre raiſon de cet endurciſſement ſubit, après avoir établi leur ſyſtême ſur la cauſe ge-

nerale de la dureté des corps; quelque soit cependant celle de la dureté, cette cause même supposée bien connuë, la cause de l'endurcissement de l'acier par la trempe a encore des difficultés qui lui sont particulieres: lorsque l'acier s'endurcit, il semble s'écarter de la loi generale. Le tremper n'est rien autre chose que de le refroidir subitement. Si nous prenons garde aux circonstances qui accompagnent & qui précedent cette opération, il paroîtra d'abord que l'acier devroit être plûtôt ramolli qu'endurci par la trempe.

On chauffe un morceau d'acier; quand il est devenu rouge, on le plonge dans l'eau froide: voilà le fond de tout le mystere de la trempe ordinaire, & en voilà asſés pour avoir donné une dureté considérable à cet acier qui seroit resté tendre à la lime, si on l'eût laissé refroidir lentement au milieu des mêmes charbons, où il a rougi, ou même si on l'eût laissé refroidir, exposé à l'air ordinaire. Si on avoit à deviner dans laquelle de ces deux circonstances l'acier a acquis le plus de dureté, si c'étoit de ces verités sur lesquelles l'expérience n'a point de prise, le raisonnement conduiroit à penser qu'il arrive précisément tout le contraire de ce que nous voyons arriver. On a commencé par donner un grand degré de chaleur à l'acier ou, ce qui est la même chose, on a introduit dans l'acier des torrents de particules de feu qui séparent, qui écartent, qui détachent les parties de l'acier les unes des autres; en un mot le volume de l'acier a été augmenté. En

cet état on le plonge dans l'eau froide; l'eau arrête bien-tôt le mouvement, l'action de la matiere du feu dont la couche extérieure étoit pénetrée. Voilà cette couche fixée à avoir une partie de l'augmentation du volume que le feu lui avoit donnée; car elle ne sçauroit perdre ce qu'elle a acquis, sans reprendre son ancienne place; or les couches intérieures qui ne sont pas encore refroidies, ou qui ne le sont pas au même point, l'en empêchent. Mais la premiere couche étant une fois refroidie, quelle force pourroit la faire rapprocher du centre; j'en dis autant de toutes les autres couches. De là il semble suivre qu'un des effets de la trempe est de donner à l'acier plus de volume qu'il n'en auroit, si on le laissoit refroidir lentement. Or la loi generale est que les corps de même nature sont d'autant moins durs, qu'ils ont plus de volume par rapport à la même masse, d'autant moins durs qu'ils sont plus rares, parce que leurs parties plus écartées les unes des autres, tiennent moins ensemble. Suivant la loi generale l'acier trempé devroit donc être moins dur, que l'acier qui a été refroidi lentement.

Nous ne connoissons que l'eau qui, lorsqu'elle se gele, augmente de volume en acquierant de la dureté. Et pour parler à la rigueur, l'eau même n'augmente pas de volume en se gelant. Ce dont le volume paroît avoir crû, est dû à la dilation de l'air qu'elle renferme, comme nous l'a appris la belle expérience de feu M. Homberg. Après

avoit

avoir épuisé pendant long-temps, & avec grand ſoin, l'air que contenoit de l'eau, il a trouvé que cette eau, dont la plus grande partie de l'air avoit été pompée, diminuoit de volume en ſe gelant.

Si l'augmentation de volume que la trempe fait conſerver à l'acier ne paroiſſoit pas aſsés prouvée par le raiſonnement précedent, ce raiſonnement pourroit encore être fortifié par la ſeule inſpection de la caſſure de l'acier dans les deux differents états; l'acier trempé ſemble plus poreux que l'autre. Mais ici nous avons plus, nous avons une expérience qui démontre abſolument la verité de ce raiſonnement; c'eſt de meſûrer les dimenſions de l'acier, avant de le chauffer, & de les meſurer, après qu'il a été trempé. M. Perrault a déja obſervé avant nous, qu'un fil d'acier trempé ne pouvoit paſſer par le même trou par où il paſſoit avant d'avoir été trempé; j'ai repeté & retourné cette expérience de bien des manieres, & j'ai toujours trouvé une augmentation de volume dans l'acier trempé: mais j'ai voulu ſçavoir de plus juſqu'où elle alloit, & ſi elle étoit aſsès conſidérable pour être meſurée. J'ai fait faire des calibres de fer dans leſquels un morceau d'acier, long de ſix pouces, s'emboiſtoit exactement; mes morceaux d'acier avoient pour l'ordinaire deux pouces de largeur ſur ſix lignes d'épaiſſeur. Lorſque je les ai trempés, après avoir pris au feu une couleur d'un rouge blanchâtre, j'ai toujours trouvé qu'après la trempe, ils étoient au moins plus longs d'une ligne, qu'avant

d'avoir été chauffés : il y a eu de l'augmentation dans les autres ſens, comme dans la longueur, mais qui n'étoit pas de même aiſée à meſurer; cela n'empêche pas qu'on doive croire qu'elle étoit proportionnelle à l'augmentation de la longueur. Cela ſuppoſé, les diametres des volumes des aciers trempés à un certain degré de chaleur, ſont aux diametres des volumes des aciers non trempés, au moins en raiſon de 145 à 144; par conſéquent le volume de l'acier trempé eſt au volume de l'acier non trempé dans un plus grand rapport que celui de 49 à 48 : car le cube de 145 eſt 3048625, le cube de 144 eſt 2985984, & la différence de l'un à l'autre eſt 62641. c'eſt-à-dire, que par la trempe l'acier acquiert au moins un 48e de ſon ancien volume.

Il eſt donc bien prouvé que l'acier endurci par la trempe eſt d'une tiſſure plus rare que l'acier plus mou, que l'acier non trempé : les cauſes qu'on peut ſoupçonner propres à augmenter la dureté de ce metal en augmentant ſon volume ſe réduiſent à trois. 1°. Ou le feu ou l'eau ont ajouté à la maſſe une matiere qui fournit à l'augmentation du volume, & qui lie mieux les parties de l'acier enſemble. 2°. Ou au contraire le feu a chaſſé de dedans l'acier quelque matiere qui empêchoit ſes parties d'être auſſi parfaitement unies qu'elles ie peuvent être. 3°. Ou enfin des changements ſe ſont faits dans l'intérieur de l'acier, dans la figure, ou dans l'arrangement de ſes parties, au moyen deſquels

ces mêmes parties tiennent mieux ensemble.

J'ai fait les expériences qui m'ont semblé les plus propres à apprendre à laquelle de ces causes on devoit avoir recours ; elles m'ont convaincu qu'il falloit entierement rejetter la premiere, & la seconde. Le raisonnement n'est pas favorable à la premiere ; la seule matiere qui pourroit s'insinuer dans l'acier, pendant l'instant de la trempe est l'eau ; car la matiere subtile n'est ici comptée que pour le vuide, or on ne voit pas que l'eau pût trouver des passages pour pénetrer jusqu'au centre d'une bille d'acier ; quand elle en trouveroit d'ouverts dans les premieres couches, en refroidissant ces couches, elle boucheroit bientôt ceux qui lui seroient nécessaires, pour la laisser parvenir jusqu'au centre. D'ailleurs l'eau introduite dans l'acier ne paroîtroit pas fort propre à l'endurcir; pour endurcir un corps, il faut l'addition d'une matiere dont les parties soient mieux liées ensemble. Mais pour venir à l'expérience qui auroit pû épargner le raisonnement précedent, & qui décide que l'acier ne tient l'augmentation de son volume, ni de l'eau ni de l'introduction d'aucune autre matiere pesante ; j'ai pesé dans les balances les plus fines un morceau d'acier; je l'ai réduit au poids précis d'une once ; je l'ai chauffé ensuite jusqu'à lui faire prendre plus que le rouge couleur de cerise , & alors je l'ai plongé dans l'eau froide. Après l'en avoir retiré, je l'ai essuyé, fait sécher, & enfin je l'ai pesé, non seulement je n'ai trouvé aucune augmentation

dans son poids, j'ai même trouvé qu'il en avoit perdu un demi grain. Or si l'augmentation du volume venoit de l'introduction d'une matiere aussi pesante que l'acier, le poids de ce morceau auroit dû être augmenté de près de 12. grains, c'est à-dire, avoir acquis $\frac{1}{48}$ de son ancien poids, comme il en avoit acquis un de son ancien volume: & si la nouvelle capacité du volume avoit été remplie par des parties d'eau, l'augmentation du poids auroit dû être encore sensible, & proportionnée au rapport qui est entre le poids de l'eau & celui de l'acier.

Il est donc bien sûr que ce n'est pas par l'introduction d'une matiere pesante que l'acier acquiert dans la trempe & du volume & de la dureté: à l'égard de la diminution de poids d'un demi grain que j'ai observée, elle ne me semble pas meriter d'attention. J'avois pris toutes les précautions qu'on peut prendre pour empêcher que le feu ne brûlât mon acier, qu'il ne lui enlevât quelque chose; aussi lui avoir ôté un demi grain, c'est ne lui avoir ôté presque rien.

Enfin si l'introduction de l'eau avoit part à l'endurcissement de l'acier, trempé dans l'eau boüillante, il s'endurciroit davantage, que trempé dans l'eau froide, car l'eau bouillante le pénetreroit plus aisement. Cependant des expériences que nous rapporterons, quand nous entrerons dans le détail de celles que nous avons faites sur les trempes, montreront que l'eau boüillante ne sçauroit donner un

grand degré de dureté à l'acier, qu'elle l'endurcit moins que l'eau froide.

Ce que je viens de dire contre l'introduction de l'eau a la même force, contre l'introduction des parties du feu, ou de parties poussées par le feu, qu'on pourroit imaginer être restées emprisonnées dans l'acier, lorsque l'eau en le refroidissant a serré les pores de sa surface extérieure; par des parties telles, en un mot, que celles qui restent engagées dans la chaux de plomb, d'étain, & de divers autres matieres qui ont soutenu long-temps le feu. Ces parties augmentent le poids des corps où elles s'insinuent. Il n'y a donc aucune introduction de matiere dans l'acier trempé, si ce n'est d'une matiere sans pesanteur, ou de la matiere subtile.

Pour la seconde explication, je veux dire celle qui feroit dépendre l'endurcissement de l'acier d'une matiere que le feu auroit chassée d'entre ses parties, & à qui l'eau auroit bouché le retour, j'avoüerai qu'elle avoit d'abord été asses de mon goût; il me paroissoit naturel de soupçonner de l'air renfermé, & pressé entre les parties de l'acier non trempé. Où n'y en a t'il point? que cet air tendant à écarter les parties de l'acier, les empêchoit de bien tenir ensemble; mais que le feu en rarefiant l'acier, en ouvrant ses pores chassoit d'entre ses parties cet air, à qui toute entrée étoit bouchée, lorsqu'on refroidissoit l'air subitement, au lieu que le même air rentroit peu à peu dans l'acier qui perdoit sa chaleur par degrés insensibles.

Dans les explications de Physique on commence par deviner, ce sont les expériences qui décident si on a deviné juste. De crainte que quelqu'autre n'adoptât cette idée, comme je fus tenté de le faire : voici l'expérience qui m'en a désabusé & qui me paroît ne devoir laisser aucun doute. J'imaginai de laisser refroidir un morceau d'acier très-chaud dans un espace vuide, ou presque vuide d'air grossier. Là l'acier devoit s'endurcir, comme trempé dans l'eau froide, si son endurcissement venoit de ce qu'un air grossier chassé par le feu, ne peut plus rentrer dans l'acier refroidi subitement. L'espace où se refroidissoit mon acier, ne fournissoit pas plus d'air de cette nature qu'auroit pû faire l'eau. Je n'entrerai point dans un grand détail de la maniere dont j'ai executé cette expérience, en mettant un morceau d'acier plus que rouge par un bout, dans un long tuyau de verre plein de Mercure jusqu'auprès du bout rouge de l'acier : je me contentrai de dire que je bouchois toute entrée à l'air grossier, en entourant le vuide, que l'acier laissoit autour de l'ouverture supérieure du tuyau, avec une composition de cire ou de resine. On voit qu'il m'étoit facile de faire trouver l'acier du tuyau dans le vuide, en laissant descendre le Mercure, comme on le pratique pour les barometres, & de juger de la rarefaction de l'air par la hauteur à laquelle le Mercure se soutenoit. Après avoir repeté cette expérience plusieurs fois, & avoir dans quelques-unes laissé refroidir l'acier

dans une espace où il restoit très-peu d'air grossier, l'acier est toujours demeuré aussi mou que s'il se fût refroidi dans un air ordinaire.

Puisque l'endurcissement de l'acier n'est produit ni par l'introduction d'une nouvelle matiere, ni par l'expulsion de l'air, reste donc à en chercher la cause dans les changements faits en sa tissure. C'est aussi où Messieurs Rohault & Perrault ont crû la devoir trouver. Le premier veut que sa tissure soit renduë plus uniforme par la trempe, parce que l'eau arrête ses parties dans un état approchant de celui de la fusion; que ses parties n'ont pas le loisir de s'assembler pour composer de gros grumeaux, qui puissent laisser entre eux des intervalles sensibles, où les pointes des burins, & les dents des scies, ou des limes puissent s'introduire. Mais apparemment qu'il n'avoit pas eu asés d'occasions de voir tremper l'acier, & casser l'acier trempé. Il eût sans doute observé que plus le même acier a été trempé chaud, & plus il a de gros grumeaux, ou grains, plus aussi les vuides qui sont entre les grumeaux, ou grains, sont grands, & cependant plus l'acier est dur; sa dureté augmente à mesure que la grandeur de chacun des intervalles sensibles qui sont entre les grains augmente. Si l'acier est plus dur après la trempe, ce n'est donc pas que les intervalles, où les dents des limes, & les pointes des burins peuvent s'introduire, soient plus petits qu'avant la trempe, c'est que réellement chaque grain est plus dur,

les parties de chaque grain tiennent mieux ensemble.

M. Perrault a reconnu avant nous que les grains de l'acier deviennent plus durs par la trempe, quoyque les intervalles qui les séparent soient crûs. Il attribuë cette dureté des grains à la pression de l'air subtil, de la matiere subtile qu'il admet pour cause generale de la dureté des corps; il veut que le refroidissement subit renferme cette matiere: mais cette matiere ainsi emprisonnée auroit la liberté de s'échapper, & s'échapperoit surement quand on casseroit une barre d'acier en deux; la surface de la cassure devroit donc devenir molle dans l'instant. Elle conserve pourtant toute sa dureté. D'ailleurs la façon dont on fait agir ici la matiere subtile tenant à la cause generale de la dureté, on ne sçauroit être content de cette explication particuliere, qu'on ne le soit de l'explication de la cause generale, & il n'est pas aisé de contenter les Physiciens sur cette importante question.

Indépendamment de la cause generale de la dureté, je crois que nous pouvons trouver la cause de l'endurcissement de l'acier, au moyen des connoissances que nos Memoires précedents nous donnent sur sa nature; il nous faut voir en mêmetemps, & pourquoy la trempe endurcit extremement l'acier, & pourquoy elle endurcit très peu le fer, c'est encore ce dont on ne sçauroit rendre raison par l'explication de M. Perrault. Nous sçavons à present que l'acier ne differe du fer, que

parce

parce qu'il eſt plus pénetré de ſoufres & de ſels. Or c'eſt ce en quoy ils different l'un de l'autre qui doit être la premiere cauſe des differences qu'on trouve entre eux, après les avoir traité d'une maniere ſemblable; c'eſt donc des ſoufres & des ſels que l'acier a plus que le fer, que doit dépendre la proprieté qu'il a de s'endurcir. Tachons de découvrir comment ils peuvent rendre l'acier dur, lorſqu'il eſt refroidi ſubitement, & qu'au contraire, ils le laiſſent limable lorſqu'il a été refroidi lentement.

Nous ſçavons & nous avons beſoin de nous en ſouvenir, que le fer & l'acier boivent les ſoufres; mais nous ſçavons auſſi que le feu violent peut les leur enlever. A preſent, pour écarter le plus de circonſtances inutiles qu'il ſera poſſible, conſiderons un ſeul grain d'acier non trempé, un de ceux que la vûë ſeule découvre, & comparons-le enſuite avec un grain, à peu près d'égale groſſeur, d'acier trempé. Ce grain * que les yeux apperçoivent aiſément eſt lui-même un amas d'une infinité d'autres grains que nous nommerons les molecules de ce grain *; le microſcope met ces molecules de grain à portée de nos yeux. Mais ces molecules ſont-elles-mêmes composées d'autres parties *. Suppoſons, ſi on le veut, que ces dernieres ſont les parties élementaires, quoyque pour y arriver il faudroit peut-être pouſſer la diviſion prodigieuſement plus loin; mais nous pouvons nous en tenir là. Nous avons donc à conſiderer

* Pl. 10. fig. 5. G.

* fig. 5. MM.

* fig. 6. p, p.

un grain, les molecules dont il est composé & les parties élementaires des molecules. Comme les sels & les soufres pénétrent le fer intimement, nous pouvons au moins supposer que ceux que l'acier a de plus que le fer, pénetrent les molecules du grain. Si j'expose au feu l'acier tendre où est le grain, sur lequel nous avons arrêté notre attention, le feu fondra plûtôt les soufres, & les sels des molecules de ce grain, qu'il ne fondra les molecules mêmes; il chassera une partie des soufres & des sels, que l'acier a de plus que le fer, de dedans les molecules où elles étoient nichées; au lieu qu'ils pénetroient ces molecules, ils se placeront d'abord dans les intervalles qui sont entre elles; ce sera là le seul effet d'un feu moderé; & ce n'est pas pour en venir à notre explication que nous supposons cet effet; la décomposition de l'acier, faite soit par un feu lent, mais long, ou par un feu violent, ont démontré que le feu enleve à l'acier ses soufres & ses sels; ceux qu'il a forcé de sortir des molecules, occupent d'abord les espaces qui sont entre ces molecules. Ne faisons donc nulle difficulté d'admettre que quand notre grain est parvenu à un certain degré de chaleur, que les vuides qui étoient entre les molecules dont il est composé, sont remplis en partie par une matiere sulfureuse qui n'y étoit pas auparavant, & dont les molecules ont été dépoüillées; qu'une partie de cette matiere sulfureuse, que le feu a mis en chemin de sortir du fer, a passé des

molecules même dans les intervalles qu'elles laiſſent entre elles. Dans cet état plongeons dans l'eau froide le barreau d'acier, où eſt le grain que nous conſiderons. Dans l'inſtant nous allons fixer les ſoufres & les ſels qui nagent avec eux ; nous leur ôterons leur fluidité, ils ne ſeront plus en état de rentrer dans les molecules. Mais alors les petits intervalles qui étoient entre ces molecules du grain ſeront mieux remplis, & remplis par une matiere, que nous ſuppoſerons preſqu'auſſi dure qu'il nous plaira. Les molecules du grain tiendront donc mieux les unes avec les autres. Notre grain d'acier en ſera donc plus difficile à diviſer, à rompre, ou ce qui eſt la même choſe, voilà notre grain d'acier devenu plus dur. La même choſe eſt arrivée à tous les autres grains de l'acier qui avoient pris le même degré de chaleur ; par conſéquent voilà notre acier, ou plus exactement parlant, & pour s'en tenir à ce que nous voulons expliquer actuellement, voilà tous les grains de notre bille d'acier endurcis.

Il n'y a nulle difficulté à admettre que les ſoufres de l'acier puiſſent être fondus, réduits à être fluides, ſans que les parties de l'acier le ſoient ; nous venons de citer ce qui arrive dans la décompoſition de l'acier, pendant laquelle les ſoufres ſont enlevés, quoyque les parties metalliques reſtent. Un exemple plus groſſier nous montre qu'une partie de la matiere d'un composé fort ſolide peut prendre de la fluidité pendant que le reſte con-

ferve toute fa fixité. Je veux parler d'un des moyens qu'on a imaginé pour féparer l'argent d'avec le cuivre, & d'un des plus commodes pour le travail en grand ; c'eft de faire paffer cet argent dans le plomb d'où on le retire plus aifément que de dedans le cuivre. Pour le faire paffer dans le plomb, on fond enfemble une certaine quantité de plomb & de cuivre chargé d'argent, on mêle bien ces deux metaux, on les laiffe refroidir ; refroidis, ils ne compofent qu'une feule maffe. On expofe enfuite cette maffe à un degré de feu fuffifant pour fondre le plomb & trop foible pour fondre le cuivre. Le plomb s'y fond, il coule faifi de l'argent, & laiffe la maffe de cuivre fpongieufe. Dans les molecules de notre grain d'acier, il fe paffe quelque chofe de pareil à ce qui fe paffe dans la maffe de plomb & de cuivre. Les foufres des molecules du grain font fondus, ils coulent dans les efpaces qui font entre ces molecules, où étant fixés par le refroidiffement fubit, ils lient mieux ces molecules, elles compofent alors un grain plus dur.

Les Pyrites, ces efpeces de pierres fulfureufes, fi connuës des naturaliftes, nous difpofent à croire que les foufres & les fels mêlés enfemble peuvent avoir une dureté confidérable ; on fçait que les Pyrites ne font prefque que fels & foufres, elles font cependant fi dures qu'on s'en fervoit autrefois pour les arcquebufes à rouet, comme on fe fert aujourd'hui des cailloux pour les fufils. Quand ces matieres feroient moins dures, dès qu'elles rem-

pliroient les intervalles qui ſont entre les molecules, les molecules ſe trouveroient mieux liées.

Au reſte quand je parle des ſoufres du fer & de l'acier ; il eſt rare que j'entende parler des ſoufres ſimples & purs, je les regarde comme une ſorte de ſoufre commun, comme la matiere de nos Pyrites, c'eſt-à dire, comme des ſoufres mêlés avec beaucoup de ſels. Et ſi on vouloit même que ces ſoufres que nous avons fait couler entre les molecules des grains n'endurciſſent, ou endurciſſent principalement les grains, à cauſe des ſels qu'ils amenent avec eux, on trouveroit par la ſuite des obſervations qui favoriſeroient cette idée ; des obſervations qui prouveront que des ſels introduits dans du fer l'endurciſſent, lors même qu'il perd de ſa partie huileuſe ; mais toujours paroît-il certain que l'endurciſſement de l'acier trempé, eſt produit par la fixation de la matiere qui coule dans les interſtices de ſes parties, & cette matiere n'eſt pas une matiere ſimple, c'eſt ſans doute une matiere ſulfureuſe chargée de beaucoup de ſels.

Les trempes en *paquet* ſont ſi propres à confirmer cette explication, que des expériences imaginées exprès, ne le feroient pas davantage. Si on veut donner à l'acier une plus grande dureté que ne la lui donne la trempe ordinaire, on le fait chauffer, renfermé dans des eſpeces de boiſtes, ou de creuſets, où il eſt entouré de ſuye, de charbon, de ſels, en un mot, de matieres qui peuvent lui fournir des ſoufres, & des ſels ; voilà donc les in-

terstices des molecules, & si l'on veut encore, les molecules elles-mêmes qui se remplissent de soufres & de sels : en cet état, on retire l'acier rouge des boistes, & on le trempe dans l'eau ordinaire ; trempé au même degré de chaleur, il s'endurcit davantage, qu'il ne se fût endurci, si on ne l'eût pas fait chauffer au milieu de matieres sulfureuses & salines. Notre explication apprend la raison de cette difference, & cette difference confirme en même-temps notre explication. Les grains de l'acier chauffé en Paquet sont plus pénetrés de soufres & de sels, que les grains de l'acier qui ont chauffé immediatement sur les charbons, le refroidissement fixe plus de soufres & plus de sels dans un des cas que dans l'autre.

Le fer même qui a été recuit en Paquet & qui est trempé ensuite, prend près de sa surface une dureté approchante de celle de l'acier. Pendant le recuit, les interstices qui sont entre ses parties ont été remplis des soufres & de sels ; là il est dans un état semblable à celui de l'acier.

Je ne dissimulerai pourtant point, ni même je ne chercherai à affoiblir deux difficultés considérables, l'une est commune à toutes les explications qu'on a données jusqu'ici de l'effet de la trempe ; & l'autre est particuliere à la nôtre. La premiere de ces difficultés est que l'acier trempé, l'acier durci semble devoir être plus foible que l'acier non trempé : je veux dire qu'il semble nécessaire d'accorder, que si on tire par les deux bouts

deux morceaux d'acier de même diametre, deux fils d'acier, par exemple, que celui qui est trempé doit être rompu par une force plus petite que celui qui n'est pas trempé. Puisque le volume de l'acier est augmenté par la trempe, sans augmentation de matiere propre, il est évident que le nombre des points d'attouchements est moindre, ou ce qui est la même chose que la somme des surfaces qui se touchent après la trempe est moindre que la somme des surfaces qui se touchoient auparavant; aussi les intervalles qui sont entre les grains, sont-ils sensiblement plus grands après la trempe : si la liaison est proportionnelle aux attouchements, voilà donc une somme de liaisons moindre; le tout de l'acier est donc moins fort, après la trempe qu'auparavant. Il paroît difficile d'admettre que l'acier trempé, qui résiste incomparablement plus à la lime, aux pressions, soit plus foible quand il est tiré, que l'acier non trempé. J'avouerai aussi que cette conséquence m'a étonné d'abord. Car quoyque je sçusse qu'un acier trempé devient cassant par la trempe, cela ne me paroissoit prouver en aucune façon que la liaison de toutes ses parties ensemble, en fût moins forte; le coup de marteau qui casse un morceau de verre épais, ne casse point une paille, mais ce même morceau de verre tiendroit suspendu un poids considerable, & la paille n'en pourroit soutenir qu'un leger.

Les conséquences pour être dures en apparen-

ce, n'en ſont pas quelques fois moins vraies ; j'ai voulu m'aſſurer ſi celle-ci ne le ſeroit point ; ſi l'acier endurci par la trempe n'en eſt pas moins en état de réſiſter aux forces qui le tirent. Pour cela j'ai pris un fil d'acier fort long qui avoit paſſé par la filiere * J'ai chauffé & trempé enſuite une partie de ce fil, longue de deux ou trois pouces *. J'ai marqué avec un brin de ſoye l'endroit qui m'avoit paru avoir été trempé le plus chaud. Après quoy j'ai arrêté un des bouts de ce fil au plancher, afin que le fil ſe trouvât dans une poſition verticale. J'ai chargé ſon bout inférieur de poids que j'augmentois juſqu'à ce que le fil ſe caſsât ; ou pour plus de facilité, je l'ai caſſé par le moyen d'un levier au tour duquel le bout inférieur du fil étoit entortillé. Or quand il s'eſt caſsé, ç'a toujours été dans l'endroit où il avoit été trempé, & preſque toujours dans celui que j'avois marqué, pour avoir été trempé le plus chaud, & qui par conſéquent étoit le plus dur.

* Pl. 10. fig. 4.

* Fig. 4. b.

J'ai repeté cette expérience autant de fois, & avec toutes les précautions qu'il étoit néceſſaire pour qu'il ne me reſtât aucun ſcrupule. Le fil avoit des endroits pailleux, où il devoit être plus foible qu'ailleurs, j'évitois de le tremper dans ces endroits. Les dernieres fois que j'ai fait cette expérience, j'ai pris encore une précaution auſſi eſſentielle ; pour empêcher le fil de ſe courber par la trempe, parce que courbé il ne ſeroit plus dans le cas d'un fil tiré verticalement, & que ce ſeroit en ſe redreſ-

dressant qu'il se casseroit, comme se casseroit un levier d'acier. Je commençois par mettre le fil dans une position verticale * dans laquelle il étoit retenu par un poids qui le chargeoit assés pour le bien tendre; près de ce fil bien tendu, j'approchois des charbons allumés, où je les posois sur une petite platine de fer dans laquelle le fil passoit. Je le chauffois dans l'endroit que j'avois estimé le plus fort; jusqu'à ce qu'il fût rouge, alors je jettois de l'eau dessus. Le poids dont il étoit chargé empêchoit la trempe de lui faire prendre aucune courbure. malgré cette précaution, ç'a toujours été dans l'endroit trempé qu'il s'est cassé.

* Pl. 10. fig. 4.

Je n'ai pas fait d'expériences assés précises, & il n'est pas aisé d'en faire, pour déterminer de combien la force nécessaire pour rompre un morceau d'acier trempé, en le tirant, est moindre que celle qui est nécessaire pour le rompre avant d'avoir été trempé; mais je sçai que cette difference est considérable, & beaucoup plus que l'augmentation, que j'ai trouvée dans le volume de l'acier, ne l'auroit fait attendre. Il y avoit des endroits du fil d'où j'avois ôté des pailles, qui occupoient plus du tiers de la circonference, & qui avoient d'épaisseur le quart ou le tiers du diametre, ces endroits si affoiblis, mais non trempés, étoient encore plus forts que ceux qui avoient été trempés.

Ainsi pendant que l'acier acquiert de la force pour résister aux frotements, aux pressions, il

perd de celle qu'il avoit pour résister aux tractions, sa force se distribuë differemment ; il se fait une sorte de compensation qui lui rend dans un sens, ce qu'il perd dans un autre.

La seconde difficulté, qui est particuliere à notre explication, c'est que les molecules des grains doivent être moins dures après la trempe, qu'avant la trempe. Pour mieux faire sentir la force de cette difficulté, considérons au microscope un grain d'acier * qui n'a point été trempé, qu'il soit prodigieusement grossi ; que tous les espaces renfermés par des traits, M M M, & croisés par des lignes, soient les molecules de ce grain ; dont le nombre est prodigieusement plus grand, qu'il ne paroît ici. Ce qui reste en blanc, V, V, sont les intervalles qui sont entre ces differentes molecules. Les molecules du grain sont elles-mêmes composées, d'autres parties que nous avons nommées parties élementaires du fer & de l'acier. Que la fig. 6. pl. 10. soit une des molecules du grain, où des traits marquent les séparations des parties élementaires, dont elle est elle-même composée. Si on chauffe le grain d'acier, les soufres qui sont dans les molecules de ce grain sont fondus, ils rempliront en partie les interstices qu'elles laissent entre elles ; dès que la trempe les fixera en cet état, le grain sera un tout composé de parties mieux unies, ce tout sera plus dur. Mais ce qui fait la difficulté, c'est que les molecules de l'acier seront en même temps moins dures qu'elles n'étoient

* Pl. 10. fig. 5.

Après la trempe, les M M M fig. 5. tiendront mieux ensemble, qu'elles n'y tenoient auparavant, mais les parties dont les M M M sont composées, les p, p, fig. 6. seront moins unies. Cette conséquence est nécessaire; mais si on y prend bien garde, on ne fera pas de difficulté de l'accorder. Qu'en craindra-t-on? qu'il ne s'ensuivît que l'acier, aprés la trempe, ne résistât moins à la lime qu'auparavant? Premierement la lime n'attaque pas à la fois, seulement une portion de molecule, ni même une seule molecule du grain de l'acier; elle attaque à la fois un amas des parties dont ce grain est composé, telles que sont M M M, il s'en trouve peut-être des milliers de pareilles dans le chemin de chaque dent; la lime trouvera donc plus de résistance, l'acier sera plus dur pour elle, dès que les grains & les parties qui composent les grains tiendront mieux ensemble. Secondement, quand cette conséquence nous forceroit à supposer que les molecules du grain sont composées de parties élementaires qui tiennent si fortement ensemble, que quoyque leurs liaisons soient affoiblies, qu'elles sont encore en état de résister aux outils, où seroit l'inconvenient? Troisiemement enfin, on a peut-être preuve que les molecules de grain sont moins dures, sont plus faciles à détacher, ou à rompre dans l'acier trempé, que dans l'acier non trempé? N'en seroit-ce point une de ce que l'acier trempé prend un plus beau poli, que l'acier non trempé, & qu'il prend

le poli d'autant plus beau, qu'il a été trempé plus dur; les poudres fines qu'on employe pour polir ont alors, prise sur de plus petites parties, de plus petites parties leurs cedent.

Quand les grains eux-mêmes tiendroient moins bien ensemble dans l'acier trempé, que dans l'acier non trempé; dans le premier état il résisteroit plus que dans le second aux limes & aux ciseaux, pourvû que les parties qui composent les grains fussent mieux liées ensemble. Quand la lime agit sur l'acier, & même sur les fers les plus doux, elle n'emporte pas les grains en entier; la preuve est que les cassures du fer & de l'acier, quelques planes qu'elles soient, sont plus raboteuses que les endroits qui ont été limés; qu'on lime une pierre de grés, elle n'en paroîtra pas plus polie, parce que la lime emportera les grains mêmes; si l'acier & le fer sont plus polis, c'est donc que leurs grains ont été coupés. Le ciseau aussi ne sçauroit couper l'acier qu'il ne divise ses grains, il ne fait guére de chemin, précisément entre deux grains; dès que les parties des grains tiendront mieux ensemble, l'acier paroîtra donc plus dur à la lime & au ciseau, qui sont les façons d'éprouver sa dureté.

Mais je crois néantmoins que les grains de l'acier trempé tiennent plus fortement ensemble, que ceux de l'acier non trempé; une partie des soufres qui ont été chassés des molecules ont coulé apparemment jusques dans les intervalles, que les grains

laissent entre eux, des portions de ces intervalles en ont été remplies. Quoyque l'acier trempé soit plus foible, moins en état de résister aux tractions, chacun de ses grains peut cependant mieux tenir avec les autres, mais la somme de ces forces est plus petite dans le cas de l'acier trempé. Ceci vient de ce que l'acier trempé a réellement de plus gros grains, que l'acier non trempé. Supposons que R & S * soient des coupes de files de grains d'acier, & que ces grains ont une figure approchante de la ronde. C'est pour la facilité du raisonnement que nous leurs donnons cette figure qu'ils n'ont pas réellement; mais on pourra l'appliquer à toute autre figure: que S donc soient deux files de grains d'acier non trempé, & R deux files de grains d'acier trempé, & que les unes & les autres soient de même longueur, mais outre que les grains d'R sont plus gros, qu'ils soient un peu plus séparés les uns des autres. L'augmentation du volume par la trempe demande cette derniere supposition; la somme des points d'attouchement qui est en S, une longueur faite de ces points mis bout à bout, sera plus grande, que la somme des points d'attouchement de R, qu'une longueur de ces points mis bout à bout. Si la force pour résister aux tractions est proportionnelle à la quantité des attouchements, il faudra plus de force pour séparer à la fois tous les grains de SS, que pour séparer à la fois, tous les grains de RR mais au contraire il faudra moins de force pour détacher un seul

* pl. 10. fig. 7. 8.

grain de S, que pour détacher un ſeul grain de R, parce que celui-ci plus gros touche ſes voiſins en plus de points. L'acier composé de grains, tels que ceux de S, ſera donc plus difficile à rompre en le tirant; & il ſera plus difficile d'enlever des grains à l'acier composé de grains tels que ceux de R; l'acier non trempé eſt dans le premier cas, & l'acier trempé dans le ſecond; auſſi plus le même acier, après la trempe, a de gros grains, & generalement parlant, plus il eſt dur.

Il y a encore une autre raiſon de cette augmentation de dureté, proportionnelle à l'augmentation de groſſeur des grains, & cette raiſon eſt une ſuite naturelle de l'explication que nous avons donnée de l'endurciſſement par la trempe. Nous avons fait remarquer en bien d'autres endroits, que plus l'acier a été chauffé, & plus il a été trempé chaud, & plus ſon grain eſt gros. Plus il a été chauffé, plus le feu a fait ſortir de ſoufres, & de ſels de ſes parties élementaires, les intervalles qui ſont entre les particules qui compoſent le grain, ont donc été mieux remplis; il y a pourtant des bornes à ce plus de chaleur, qu'on peut donner à l'acier pour augmenter ſa dureté. Si cette chaleur va juſqu'à faire ſortir les ſoufres hors de l'acier même; alors il n'eſt plus en état de s'endurcir par la trempe, ou de s'endurcir ſi conſidérablement; on la ramené, ou preſque ramené à l'état du fer.

Si les grains de l'acier ſont d'autant plus gros,

qu'il a été trempé plus chaud, c'eſt que la chaleur aiant plus ramolli l'acier, plus de parties ont été réunies enſemble; quand les intervalles qui ſont entre deux grains, ſont remplis de parties de ſoufre, ces deux grains n'en font plus qu'un, les ſoufres qui circulent autour de ces grains les uniſſent.

Enfin tous les phenomênes de la trempe ſe déduiſent clairement de notre explication. On voit pourquoy elle durcit l'acier, pourquoy elle le durcit d'autant plus qu'il a été trempé plus chaud, qu'elle lui a fait prendre un plus gros grain, pourquoy auſſi l'acier a moins de corps, c'eſt-à-dire, qu'il ne ſe laiſſe pas, ou ſe laiſſe peu, plier, ſans ſe caſſer : les grains ne peuvent plus ceder dès qu'ils ſont durs, ils ſont roides : ils ſeroient même plus roides de cela ſeul, qu'ils ſont plus gros. Le verre le plus caſſant de tous les corps eſt ſouple à un point étonnant, quand il a été tiré en fils délié, comme nous l'avons fait voir dans les Memoires de l'Academie, année 1713. page 210. Entre des quantités égales de même matiere, celle-là ſera la plus fléxible, qui ſera composée de parties plus petites, un cylindre de verre ſera caſſant, & le verre de ce cylindre tiré en fils composera un écheveau flexible, & d'autant plus flexible, qu'il ſera composé de fils plus fins. L'acier non trempé reſſemble à l'écheveau composé de fils plus fins, & l'acier trempé à l'écheveau composé de plus gros fils.

Il nous reste à voir pourquoy cet acier qui a été trempé redevient mou, si on le fait chauffer, ou, ce qui est la même chose, pourquoy il fût resté mou, si on l'eût laissé refroidir sur les charbons. Pour en rendre raison, il nous suffit de nous souvenir que le fer boit avidement les soufres & les sels: nous ne tâcherons point d'expliquer, comment cela se fait, peut-être n'y réussirions-nous pas. Qui voudroit en Physique expliquer tout ce qui tient à la question la plus simple, seroit à chaque question obligé de donner une Physique complette; toutes les verités Physiques forment une chaîne, dont on peut considérer séparement quelque partie. Je suppose donc que nous sçavons asés que le fer boit avidement les soufres, & qu'il faut un feu violent pour lui enlever ceux dont il s'est saisi, ceux qui l'ont penetré. A mesure que l'action du feu s'affoiblit, qu'elle n'est plus en état de chasser des molecules de l'acier de nouveaux soufres, quelques uns de ceux qui étoient sortis, y entrent; ils s'y engagent de nouveau, & s'y engagent pour y rester; parceque dans notre cas, l'action du feu va toujours en diminuant. Cette action trop foible pour chasser les soufres qui sont rentrés, dans les parties élementaires, a assez de force pour entretenir la fluidité de ceux qui sont encore dehors; si la chaleur diminuë insensiblement, & pendant un temps considerable, plus de soufres peuvent rentrer dans les molecules & les parties élementaires. Ainsi l'acier plus il est refroidi lentement, plus il est éloi-

gné de l'état où le met la trempe, plus il s'est refroidi brusquement, plus il est dur, plus il s'est refroidi lentement, & plus il est souple.

Si on tire du fourneau le fer qui vient d'être converti en acier tout rouge, & qu'on le trempe, il s'endurcit, comme l'acier ordinaire; aussi a-t'il la provision de soufres & de sels, necessaire pour produire cet effet. Si on le laisse refroidir lentement, il est encore dans le cas de l'acier non trempé, il a peu de dureté. Mais ce qui lui est particulier, c'est que dans cet état il est cassant. Aussi ses parties ont-elles été considerablement écartées les unes des autres pendant l'operation; par consequent elles tiennent mal ensemble, jusqu'à ce qu'elles aïent été rapprochées par le marteau, jusqu'à ce qu'il ait été forgé. La même cause fait aussi que son grain n'est pas si beau si on le trempe avant d'avoir été forgé, qu'après qu'il l'a été.

Puisque le fer & l'acier ne different que du plus au moins, il semble qu'il ne devroit y avoir aussi de difference que du plus au moins dans les effets que la trempe produit sur l'un & sur l'autre Que le fer devroit acquerir quelque degré de dureté par la trempe; aussi cela est-il: si on trempe du fer rouge couleur de cerise, ou rouge blanchâtre, on ne l'endurcira pas au point de resister à la lime; mais il n'y a pas d'ouvriers qui ne sçache que le fer qui a été trempé est moins doux, moins pliant, que celui qui ne l'a pas été; & quand on veut avoir du fer très doux, on se donne bien de garde de le refroidir su-

bitement. Mais si on veut voir tout ce que la trempe peut produire sur le fer, qu'on le chauffe presque fondant, & qu'on le plonge alors dans l'eau froide. J'ai souvent trouvé que le fer trempé ainsi fondant avoit une dureté approchante de celle de l'acier, qu'il resistoit aux limes. Le fer aïant moins de soufres que l'acier, il faut une chaleur plus violente, pour en faire sortir de dedans ses molecules & ses parties élementaires suffisamment pour remplir les interstices que laissent entr'elles les molecules qui composent les grains. Je conçois donc que le feu, qui a rendu le fer presque fondant, n'a pas plus exprimé de soufres de ses parties, qu'il en a exprimé de celles de l'acier, à qui il a fait prendre la couleur de cerise. Tout ce que nous avons dit de la nature de l'un & de l'autre doit donner cette idée. En general l'acier est plus aisé à échauffer que le fer, & l'acier se refroidit plus promptement. Le même degré de chaleur augmente plus considerablement le volume de l'acier, que celui du fer : en voici les preuves. J'ai fait chauffer un morceau d'acier, & un morceau de fer, longs chacun de 12. pouces, jusqu'à ce qu'ils eussent la même couleur, autant que les yeux en pouvoient juger. En cet état je les ai mesuré l'un & l'autre ; la longueur de l'acier avoit augmenté de trois lignes, & celle du fer seulement de deux ; j'ai repetté plusieurs fois cette experience, quelque couleur que j'aïe fait prendre par le moïen du feu à l'acier, quand je l'ai fait prendre pareille au fer, le volume de l'acier a toûjours plus augmenté que celui du fer.

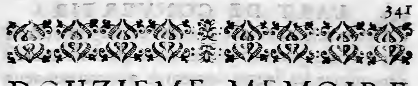
Après avoir mesuré les morceaux d'acier & de fer également chauds, je les ai trempé, & je les ai encore mesuré au sortir de la trempe : l'acier a au-moins conservé un tiers & quelques fois la moitié de l'augmentation de volume que le feu lui avoit donnée : j'ai au contraire trouvé que le fer revenoit presqu'à son premier volume ; il ne conservoit point d'augmentation de volume mesurable. Les soufres sont plus aisés à refroidir, à fixer que les parties metalliques, l'acier aïant plus de soufre doit être refroidi plus subitement ; ses parties ont moins le temps de retourner dans leur premiere situation; d'ailleurs dès que les soufres sont figés, le retour des parties qu'ils separent est arrêté.

Quoique toutes les fois que nous avons parlé du refroidissement produit par la trempe, nous l'aïons fait regarder comme très-subit, nous n'avons pourtant pas voulu faire entendre qu'il fût instantané. Le fer & l'acier ne sont pas froids dès qu'ils ont été plongés dans l'eau, ils y conservent pendant quelque temps une chaleur considerable; si les morceaux sont épais, on voit au travers de l'eau qu'ils conservent pendant quelque temps une couleur rouge ; pendant que la trempe agit, une partie des soufres que le feu avoit conduit entre les molecules des grains, rentre dans les molecules. Lorsqu'un acier trempé blanc est refroidi, il n'y a peut-être pas plus de soufres entre ses molecules, qu'il y en a entre celles de l'acier, qui a le degré de chaleur qu'accompagne la couleur de cerise. L'acier trem-

pé couleur de cerise, quand il est refroidi n'a pas peut-être plus de soufres entre ses parties, qu'en a l'acier chaud d'un rouge tirant sur le noir; ainsi il faut concevoir que le fer, des parties élementaires duquel peu des soufres ont été chassés, les reboit presque tous; que ses soufres ne s'opposant pas au retour des molecules de fer, elles reprennent à peu près leur premiere situation. Ainsi la masse du fer revient à peu près à son premier volume.

Ces dernieres remarques éclaircissent une des regles fondamentales des trempes qui sera rapportée dans la suite, sçavoir que de deux aciers de differente finesse, chauffés & trempés au même degré de chaleur, le plus fin prendra plus de dureté que l'autre, il est plus éloigné de la condition du fer, plus de soufres ont été fixés entre ses molecules.

J'espere de même que tout ce que nous avons dit sur la cause generale de l'effet de la trempe repandra de la lumiere sur les differentes façons de tremper; qu'on sera en état de prévoir l'effet que doivent produire les differentes sortes de trempes, & que les effets de ces differentes sortes de trempes appuïeront encore une explication qui me paroît pourtant très-prouvée; aussi n'avons-nous pas crû nous pouvoir dispenser de parler des trempes un peu plus en détail; c'est ce que nous allons faire dans le memoire suivant.



DOUZIEME MEMOIRE,

Sur les differentes trempes qu'on peut donner à l'acier; & sur les recuits qu'on lui donne souvent aprés l'avoir trempé.

DE'S que tremper l'acier n'est que le refroidir subitement, toutes les varietés des trempes peuvent être considerées sous deux vûës generales; sçavoir par rapport à l'état où étoit l'acier quand il a été refroidi, & par rapport aux matieres & à l'état des matieres qui l'ont refroidi. L'acier quand il a été trempé pouvoit être plus ou moins chaud, & c'est par rapport aux degrés de chaleur qu'il avoit reçûs avant la trempe que nous le regarderons d'abord; aprés quoi nous verrons ce qui arrive, lorsqu'il est trempé dans differentes matieres. Nous reviendrons pourtant ensuite aux differents effets de la trempe considerés par rapport à l'état même de l'acier; nous examinerons les dispositions qu'on lui donne quelques fois à prendre plus de dureté, trempé au même degré de chaleur dans les mêmes matieres: c'est ce qu'on fait par le moyen des trempes en paquet.

Nous ne nous proposons pourtant pas de traiter cette matiere dans toute son étenduë; il faudroit parcourir les effets que la trempe produit sur les

differens aciers ; entrer dans un prodigieux détail des matieres dans lesquelles on le peut refroidir ; déterminer les degrés de trempe qui conviennent à chaque outil : ce dernier article seul meneroit loin , il engageroit à expliquer comment chaque outil agit ; & ces considerations ne peuvent être placées dans une étenduë convénable que dans les arts qui travaillent ces outils, c'est ce que nous esperons faire à mesure que nous les décrirons : à present nous nous en tiendrons aux notions generales , aux principes des trempes, nous nous reduirons à en rapporter les principales regles, à appuyer ces regles de quelques experiences que nous avons faites , mais qui peuvent être poussées beaucoup plus loin.

Nous reprendrons encore icy quelques uns des faits dont nous avons déja parlé dans les memoires precedents , pour qu'on voye de suite ce qui regarde les trempes. D'ailleurs nous avons obmis des circonstances, qui le devoient être alors , mais qui ne le peuvent être à present ; commençons par les trempes ordinaires , les trempes à l'eau commune, qui sont celles qui donnent la dureté à la plus grande partie des outils dont nous nous servons , comme sont les couteaux , ciseaux , rasoirs , canifs , couperets , haches , &c.

Le degré de chaleur qu'a pris l'acier qu'on a fait chaufer, se connoît par la couleur de sa surface; mais de toutes les couleurs qu'il peut prendre , il n'est que celles qui commencent à tenir du rouge , qui

le rendent ſenſiblement ſuſceptible de la trempe; il faut au moins qu'il ait commencé à rougir. La premiere nuance de rouge eſt d'un rouge brun; à meſure qu'il s'échauffe il devient d'un rouge plus clair, plus vif, & monte à la nuance que les ouvriers nomment couleur de ceriſe, & qui approche auſſi du couleur de ceriſe ordinaire; par un plus grand degré de chaleur ce rouge s'affoiblit, il devient mêlé de jaune. Enfin la chaleur de l'acier étant montée à l'extrême, quand il eſt preſque fondant, ſa couleur eſt d'un blanc jaunâtre, appellé blanc par les ouvriers.

La couleur qu'a pris l'acier au milieu du feu marque donc le degré de chaleur qu'il y a acquis; & c'eſt cette couleur qui conduit à tremper l'acier, qui apprend s'il a le degré de chaleur auquel on veut le tremper.

La regle la plus generale ſur les trempes eſt que le grain de l'acier eſt d'autant plus gros, & plus blanc, qu'il a été trempé plus chaud; & que ſon grain eſt d'autant plus fin, plus gris, plus terne, qu'il a été trempé moins chaud. C'eſt ce qui nous a été montré par la ſuite des differents ordres de grainures dans le memoire 10ᵉ. La ſeule exception qu'il y ait à cette regle, eſt que ſi l'acier a été ſurchauffé, s'il a été chauffé fondant, alors il n'aura pas le grain ni ſi blanc, ni ſi gros qu'il l'eût eu chauffé un peu moins chaud. Le trop grand degré de chaleur lui a fait perdre de ſa qualité d'acier.

La ſeconde regle eſt que l'acier eſt d'autant plus

dur, qu'il a été trempé plus chaud : elle souffre pourtant quelques exceptions ; j'ai connu des ouvriers plus attentifs à observer, qu'ils ne le sont communement, qui même ne convenoient pas de cette regle ; ils avoient remarqué, qu'il arrive à des aciers d'être moins durs, quand ils sont trempés très-chauds, que s'ils eussent été trempés un peu moins chauds. Des aciers trés-fins leur auront fourni comme à moi cette observation ; si on les chauffe presque fondants, il arrive quelques fois qu'ils n'ont pas plus de dureté dans l'endroit où ils ont été chauffés blancs, que dans l'endroit où ils n'ont été chauffes que couleur de cerise. C'est que le degré de feu trop violent affoiblit ces sortes d'aciers. Il peut même les détruire entierement, les ramener à être fer, en faire ce que nous avons nommé avec les ouvriers des aciers pâmés. Dés qu'ils ont souffert un degré de feu qui les rend moins aciers, il n'est pas étonnant qu'ils aïent moins de dureté. La regle subsiste néantmoins ; il est vrai en general que plus l'acier a été trempé chaud, & plus il a de dureté.

Mais une troisiéme regle, & qui éclaircira la précedente, c'est qu'entre des aciers de differentes especes, ceux qui sont les plus fins prennent plus de dureté trempés au même degré de chaleur : trempés couleur de cerise, un acier qui n'est propre que pour des outils à terre, & trempés couleur de cerise, un acier propre aux taillants les plus fins, ce dernier sera plus dur que l'autre. Mais vous pouvés

vés tremper l'acier le plus fin à un degré de chaleur si foible, & l'autre à un degré de chaleur si fort, que le gros acier sera plus dur que le fin. Entre les aciers fins, plus ils sont fins, & moins ils demandent à être trempés chauds.

C'est ici la place d'une experience que j'ai promise ailleurs qui est très-propre à confirmer cette regle, & à en faire voir le fondement; selon l'idée de la nature de l'acier que nous avons établie, les aciers les plus fins sont penetrés d'une plus grande quantité de soufres & de sels; pour rendre de l'acier, qui avoit été auparavant fer forgé, aussi fin qu'il pouvoit le devenir, au risque de le rendre trop difficile à travailler, je remis plusieurs fois au fourneau divers morceaux d'aciers; je les environnai chaque fois d'ingredients propres à les changer en acier s'ils ne l'eussent pas été; quand ils eurent ce qui leur falloit de soufres, ils en prirent trop; je fis forger fort doucement les bouts de ces morceaux d'aciers, & je les fis tremper un peu plus que couleur de cerise. Ce qui arriva à quelques-uns me parut singulier; il y en eut qui, dès qu'ils furent plongés dans l'eau, s'y en allerent par parcelles; d'autres furent tirés de l'eau entiers, mais quand je vins à frapper dessus le bout, même legerement, ce bout s'en alla en grains, à peu près comme eut fait une pierre de grés. J'eus un gros sable d'acier, dont les grains étoient durs & très durs, mais les amas de grains étoient friables.

Une 4e. regle, qui est un corollaire de la 3e. c'est

que quand on veut faire des outils durs avec des aciers qui ne sont pas fins, il faut les tremper très-chauds, par-delà la couleur de cerise, tirant sur le blanc; on doit pourtant éviter de tremper des aciers fondants, les cas où on le peut pratiquer sont rares, & ne sont que pour de très-grosses pieces qu'on veut tremper bien avant, comme on en fait quelques fois dans la taillanderie; pour faire prendre la trempe à la piece, jusques vers le centre, on est dans la nécessité de donner à la surface un trop grand degré de chaleur.

Les gros aciers approchent du fer, leurs parties élementaires sont bien moins chargées de soufres & de sels que celles des aciers fins; il n'y a qu'une chaleur considerable qui puisse fondre une quantité suffisante de ces matieres, & la faire passer entre les molecules des grains, & en remplir asses leurs interstices. Les soufres & les sels sont bien plutôt mis en fusion dans les aciers fins, qui en ont plus abondamment. Dans les aciers extrêmement fins, dans ceux qui sont trop acier, qui sont surchargés de soufres, une chaleur trés-legere suffit pour les dégager de dedans les parties du metal, pour les faire couler entr'elles, & même les y faire rassembler en telle quantité que les parties métalliques s'en trouvent trop écartées les unes des autres; c'est alors que si on trempe l'acier dans l'eau froide, il se divisera par grumeaux au milieu de la trempe; ou s'il y reste entier, pour peu qu'on vienne à le frapper, il se separera en grains, comme une pierre

de grés ; en un mot ce que nous avons vû de la cause de l'endurcissement de l'acier par la trempe, de la nature de l'acier, étant appliqué à ces phenomenes n'y laissera rien d'obscur.

Une regle fort importante, que bien des Ouvriers n'observent pas asses, c'est de ne faire prendre à l'acier précisément que le degré de chaleur avec lequel on veut le tremper ; il y en a qui croyent faire asses, s'ils trempent leur acier avec la couleur convenable ; ils le chauffent souvent plus qu'il ne faudroit, & après l'avoir retiré du feu trop chaud, ils le laissent refroidir jusqu'à ce qu'il soit revenu à la couleur qu'ils lui veulent. Les parties de l'acier, en revenant à une certaine couleur, ne reprennent pas precisément le même arrangement qu'elles auroient eu, si le feu leur eût donné simplement cette couleur, il y a des parties qui ne sont plus en état de retourner à leur premiere place. Pour bien tremper, on trempera donc l'acier aussitôt qu'il aura pris le degré de chaleur auquel on souhaite qu'il soit trempé.

Aussi un Ouvrier attentif ne doit pas perdre des yeux son outil pendant qu'il le chauffe pour le tremper. C'est pour tremper juste, à ce degré de chaleur, que quand il s'agit de petites pieces, qui se refroidiroient à l'air, si on les portoit seulement à quatre à cinq pas de la forge, qu'il faut avoir sur la forge même l'eau dans laquelle on veut les tremper ; les bons Couteliers le pratiquent pour les canifs.

Pour avoir des preuves décisives de la remarque précedente, j'ai pris deux morçeaux du même acier; j'en ai chauffé un precisément couleur de cerise, & alors je l'ai trempé ; j'ai chauffé l'autre morceau presque blanc, beaucoup par-delà la couleur de cerise, je l'ai retiré du feu, j'ai attendu qu'il fût revenu à cette couleur pour le tremper. Ces deux aciers aïant été cassés, la cassure du premier a toujours paru faite de grains plus fins, plus égaux, mieux détachés que celle du second. J'ai repeté bien des fois cette expérience, & ça toujours été avec le même succés. Pour être plus sûr de la comparaison, je l'ai quelques fois faite sur des fils d'aciers tirés par le même trou de filiere, & venu du même brin.

J'ai vû des Ouvriers asés intelligents, qui à dessein faisoient prendre à leur acier un degré de chaleur plus grand que celui auquel ils avoient envie de le tremper ; mais au lieu de laisser diminuer sa chaleur en le tenant sur les charbons de la forge, ou à l'air, comme on le pratique ordinairement, ils le portoient sur l'enclume, & le forgeoient à petits coups, jusqu'à ce qu'il n'eût que le degré de chaleur convenable. Leur idée étoit de le préparer à prendre plus de dureté par la trempe en rapprochant ses parties que le feu avoit écartées. Ce raisonnement asés specieux, ne m'a pas semblé s'accorder avec l'expérience. Les cassures des aciers qui avoient eu cette petite façon avant la trempe, ne m'ont pas paru d'un aussi beau grain, que celles de

l'acier trempé au même degré de chaleur, immediatement après avoir été retiré du feu : peut-être que les coups de marteau qui compriment l'acier forcent des soufres à rentrer dans ses parties, qu'il y en a moins dans leurs interstices, qu'il n'y en auroit eu. D'ailleurs ces coups peuvent donner aux parties un arrangement moins favorable pour l'endurcissement que celui que le feu seul leur donne.

De ces regles, ou remarques, où nous n'avons consideré que l'état où étoit l'acier dans l'instant qu'il a été trempé, passons aux differentes matieres, & à l'état des differentes matieres, dans lesquelles on le peut tremper, & commençons par l'eau. Par par rapport aux trempes faites à l'eau, la principale circonstance qu'il y ait à observer, c'est le degré de froideur. Si de deux aciers également chauds l'un est trempé dans une eau plus froide, celui qui aura été trempé dans l'eau la plus froide, après la trempe, sera plus dur, & plus cassant que l'autre. par consequent il aura le grain un peu plus gros. Les Ouvriers sçavent presque tous, que les outils qu'ils trempent quand il fait grand froid sont plus cassants, ce qu'ils appellent être trempés plus *secs*; aussi ceux qui sont habiles les font-ils moins chauffer alors. Il y a une sorte de compensation entre tremper une piece moins chaude dans une eau plus froide, & tremper une piece plus chaude dans une eau moins froide. L'explication de la cause de l'endurcissement par la trempe étant un peu plus étenduë explique encore ces deux faits. L'endurciss-

ment eſt produit par les ſels & les ſoufres qui ſont fixés entre les molecules des grains, par les ſoufres dont le retour eſt arrêté. Il y a moins de ſoufres & de ſels entre les grains de l'acier chauffé moins chaud, mais l'eau plus froide fixe en moins de temps les matieres, elle leur ôte plûtôt leur fluidité: il y en a moins qui peuvent rentrer dans les parties de l'acier, quand il eſt moins long-temps à ſe refroidir; l'acier ne ſe refroidit pas dans un inſtant, il conſerve même ſous l'eau une couleur rouge, & la conſerve d'autant plus long-temps qu'il a été trempé plus chaud.

Pour avoir des preuves encore plus completes de cette eſpece de compenſation que nous venons d'expliquer, pour être certain que c'eſt en quelque ſorte la même choſe, par rapport à l'endurciſſement, de tremper un acier moins chaud dans de l'eau plus froide, ou de l'acier plus chaud dans une eau moins froide, ou chaude elle-même. J'ai chauffé de l'acier ſeulement couleur de ceriſe, & je l'ai plongé dans de l'eau boüillante; il n'y a pas pris une dureté ſuffiſante pour reſiſter à la lime; il s'y eſt endurci, mais ce n'a pas été au point où il ſe fût endurci dans l'eau froide; il n'y étoit pas même devenu caſſant, il s'applatiſſoit ſous les coups du marteau. J'ai enſuite fait prendre à l'acier un plus grand degré de chaleur, je l'ai rendu d'un rouge très-foible, trempé avec cette couleur dans l'eau boüillante, il y a acquis la dureté qu'il eût acquis s'il eût été trempé dans l'eau froide n'aïant que la couleur de ceriſe.

Puisque tremper l'acier n'est que le refroidir, il est clair que toutes les matieres qui peuvent le refroidir, arrêter le mouvement de ses parties, sont propres à luy donner la trempe. Que differentes liqueurs peuvent produire un effet semblable, ou approchant de celui de l'eau; des corps solides mêmes, qui s'appliqueront exactement contre l'acier chaud, le tremperont. En voici quelques exemples. Il y a des circonstances où on trempe des outils, dont la pointe est deliée, dans le Plomb. Après avoir fait chauffer la pointe de l'outil, on l'appuye sur un bloc de Plomb, on la force à y entrer; le Plomb se fond un peu pour faire place, il ne laisse pas de tremper la pointe aussi dure à peu près qu'eût fait l'eau.

S'il étoit aussi aisé de faire entrer un outil chaud dans l'Or, l'Argent, & le Cuivre, que dans le Plomb, on le tremperoit de même en le faisant entrer dans ces metaux. L'Etain approche plus de la molesse du plomb. J'ai essayé s'il ne tremperoit pas de même l'acier, & j'ai trouvé qu'il ne manque jamais à endurcir la partie qui y a été enfoncée; mais comme il est un peu plus difficile à fondre que le Plomb, on est obligé d'appuyer plus fort sur l'outil, ou même de le frapper pour l'y faire entrer suffisamment.

J'ai de même trempé des pointes d'acier rouge en les contraignant d'entrer dans de l'Etain de glace ou Bismuth : je l'ai trempé aussi en le faisant entrer dans du regule d'Antimoine.

Ces matieres, quelques differentes qu'elles soient

de l'eau, ne m'ont pas paru avoir donné à l'acier aucune qualité differente de celle que l'eau lui donne. Je n'ai pas trouvé que l'Antimoine y ait produit aucun mauvais effet, quoiqu'il soit très-propre à alterer le fer & l'acier; mais la trempe est d'une si courte durée, l'acier est sitôt refroidi, que les matieres qui le touchent n'ont guere le temps d'agir efficacement que pour le rendre plûtôt froid.

Une matiere qui m'a paru meriter plus qu'aucune autre qu'on essayât d'y tremper l'acier, c'est le Mercure; aussi n'ai je pas manqué d'en faire l'expérience. Après l'expérience de la trempe aïant par hazard mis le doigt dans le Mercure, il me parut avoir pris une chaleur bien plus grande que celle qu'eût pris l'eau dans laquelle un égal morceau d'acier eût été trempé; cependant un volume de Mercure étant environ 13. fois plus pesant, aïant environ 13 fois plus de masse à mettre en mouvement qu'un égal volume d'eau, sembleroit demander un degré de chaleur beaucoup considerable pour être échauffé au même point que l'eau; il n'étoit pas naturel d'attendre, qu'au contraire le Mercure seroit plus échauffé que l'eau par un degré de chaleur égal. Pour m'assûrer d'un fait que je n'eusse pas prévû, je pris deux creusets très-égaux dont j'en remplis un d'eau, & l'autre de Mercure; je trempai dans l'un & dans l'autre un fil d'acier égal, & chauffé également; s'il y eût quelque avantage pour le plus de chaleur, il fut toûjours donné au creuset où étoit l'eau. Après que l'acier eût été

trempé

trempé dans l'un & dans l'autre ; je mis le doigt dans chacune des liqueurs, l'eau à peine avoit pris une chaleur sensible, à peine avoit-elle le degré de chaleur de l'eau tiede, pendant que la chaleur du Mercure étoit telle, que je ne pouvois tenir mon doigt long-temps dedans; il me brûloit. Je sçai, & qui ne le sçait point ? qu'on ne peut pas juger sûrement par le sentiment du toucher du degré de chaud, ou de froid des corps; j'eusse voulu avoir sous ma main des thermomêtres de grandeur & de figure convenable pour m'assûrer davantage du fait, ou pour parler plus naturellement, pour en donner aux autres une preuve inconteстable ; car quoique je sçusse que le mercure moins froid, ou moins chaud que l'eau peut causer un plus grand sentiment de chaud, & de froid, parce que plus de parties de ce fluide sont appliquées à la fois, contre le corps qui le touche, de même que l'eau fait plus d'impression sur nous que l'air ; quoique dis-je, je sçusse ce fait, la difference ici étoit si considerable qu'il n'y avoit pas à craindre d'erreur du côté des sens. Mais ce qui m'auroit ôté tout scrupule, s'il m'en fût resté, & une preuve qui équivaut à celle qui auroit été donnée par les thermomêtres, c'est que le creuset, dans lequel étoit le Mercure, étoit devenu sensiblement plus chaud au toucher que l'autre. Pourquoi donc une quantité de chaleur, qui devroit échauffer le Mercure environ 13. fois moins que l'eau, l'échauffe-t-elle davantage, & considerablement davantage ? On pourroit dire que les

parties du Mercure ſont plus aisées à mettre en mouvement que celles de l'eau, qu'elles conſervent mieux la chaleur qu'elles ont acquiſe ; ces raiſons peuvent être bonnes & avoir quelque part au phenomêne ; mais nous en avons une meilleure, & qui apparemment eſt la vraye cauſe de cette difference. Quand on trempe l'acier rouge dans l'eau froide, on entend une ſorte de bruit, une eſpece de ſiflement connu de tout le monde, pareil à celui d'un tiſon allumé ſur lequel on jette de l'eau ; quand on plonge l'acier dans le Mercure on n'entend pas le moindre ſiflement. Celui qu'on entend, quand l'acier rouge eſt plongé dans l'eau, eſt la ſuite d'un boüillonnement qui s'y fait : & ce boüillonnement eſt apparemment produit par la rarefaction conſiderable & ſubite de l'air contenu dans l'eau; mais quelqu'en ſoit ſa cauſe, il ſuffit qu'on ſçache que l'eau bout autour de l'acier qui y a été trempé ; ces boüillons ſont des eſpaces que l'eau ne remplit pas, il y a donc de temps en temps des eſpaces vuides autour de l'acier, ils ſont à la verité de peu de durée, mais ils reviennent frequemment : par conſequent l'eau ne doit pas être regardée comme continuëment appliquée contre l'acier ; elle n'eſt pas continuëment en état de recevoir toute la chaleur qu'il peut lui donner ; une partie de cette chaleur paſſe dans la matiere qui forme ces boüillons, & ſe perd avec elle. Le Mercure au contraire plus difficile à ſoulever, & qui contient moins d'air, eſt toujours appliqué contre l'acier rouge, il prend plus de chaleur, & conſerve celle qu'il a acquiſe.

L'acier trempé dans le Mercure m'a toujours paru avoir le grain plus gros, que le même acier trempé dans l'eau au même degré de chaleur. Pour donner un grain aussi fin à l'acier trempé dans le Mercure, il a fallu l'y tremper moins chaud que dans l'eau. Le Mercure refroidit l'acier plus subitement, quoiqu'il s'échauffe lui-même. Or dès qu'il le refroidit plus subitement, l'acier qu'on trempe dans le Mercure, selon une de nos remarques précedentes, quoique trempé au même degré de chaleur, se trouve dans le même cas qu'un acier plus chaud qui eût été trempé dans un fluide plus froid.

Les Ouvriers de divers Païs vantent fort leurs eaux pour la trempe. Si il y en a qui aïent plus de vertu que d'autres, il y a grande apparence que ce ne sera qu'autant qu'elles seront plus froides. Si une eau pouvoit plus produire d'effet qu'une autre sur l'acier qu'on y trempe : ce ne seroit que par les soufres & les sels dont elle se trouveroit chargée; or je ne sçai s'il y a lieu de croire qu'une eau soit chargée d'asses de soufres & de sels pour produire plus d'effet qu'une autre eau, on en jugera par les expériences suivantes. Ce que je dis de l'eau commune, il y a grande apparence qu'on peut le dire aussi de la rosée, quoyque très-vantée pour les trempes; & entre les rosées c'est celle de May qui l'a été le plus.

Pour sçavoir si on devoit beaucoup se promettre des eaux qui se trouveroient naturellement chargées de certains sels, ou si par des additions de sels,

on pourroit rendre les eaux communes plus efficaces, j'ai rempli d'eau de riviere plusieurs creusets très-égaux, tous tournés sur le même moule. J'ai donné à l'eau de chaque creuset un sel different à dissoudre, & je lui en ai même donné plus qu'elle n'en pouvoit dissoudre: l'eau d'un des creusets étoit impregnée de sel marin, celle d'un autre de sel de verre, celle d'un autre de sel ammoniac, celle d'un autre de salpêtre, celle d'un autre d'alun, celle de l'autre de vitriol. Pour faire une comparaison exacte de l'effet de ces eaux avec celui de l'eau pure, j'avois un petit creuset plein de cette derniere eau, égal à ceux où étoient les eaux composées. Tout étant ainsi préparé, je faisois chauffer deux fils d'acier en même temps, j'en plongeois un dans le creuset plein d'eau ordinaire, & l'autre dans un des creusets plein d'eau chargée de sel. A chaque nouvelle expérience, je mettois dans le creuset d'eau ordinaire de nouvelle eau fraiche. L'acier trempé rouge couleur de cerise dans l'eau commune, ou dans de l'eau chargée de quelque sel, s'y est toujours endurci à un point tel, qu'il n'étoit pas possible de juger par la lime, s'il avoit pris plus de dureté dans l'une que dans les autres, elle ne pouvoit mordre sur l'acier trempé à ce degré de chaleur.

Pour donc découvrir si l'eau chargée de quelques sels étoit capable de produire sur l'acier un effet beaucoup plus considerable que l'eau simple, j'ai chauffé l'acier, dans le Plomb fondu, à divers

degrés de chaleur au dessous de la couleur de cerise. J'ai trempé en même tems dans l'eau pure un fil d'acier : quand il n'a pas eu asés de chaleur pour prendre dans l'eau commune une dureté considerable, pour s'y endurcir au point de résister à la lime, je n'ai jamais trouvé qu'il ait pris une dureté plus considerable dans l'eau empreinte de sel, ce qui me dispose à croire, qu'il y a peu à esperer des sels mêlés avec l'eau pour augmenter l'effet de la trempe.

Cependant qui voudroit étendre ces expériences aussi loin qu'elles le peuvent être, il resteroit à les faire sur des aciers préparés, pour être cassés de long, comme nous l'avons expliqués dans le memoire 10e. On verroit si les sels apporteroient des changements dans les ordres de grainures; & les duretés de chaque ordre de grainure, étant essayées avec les pierres, donneroient sur cette matiere des éclaircissements complets, dont je ne sçai s'il y a beaucoup à se promettre pour la pratique; mais nous avons averti que nôtre dessein n'étoit pas de traitter des trempes dans toute leur étenduë, mais seulement d'en donner les notions les plus generales, & quelques vuës pour les perfectionner.

Quand on trempe l'acier extrêmement chaud dans l'eau froide, plus chaud qu'à la couleur de cerise; après qu'on l'a retiré de l'eau, sa surface est blanche, nette, il ne paroît dessus aucune crasse, rien de noirâtre; c'est ce qu'on appelle de l'acier

bien *découvert* ; & quand un acier trempé à un degré de chaleur plus foible qu'un autre, sort blanc de la trempe, on dit que cet acier *se découvre* bien. Les aciers se découvrent beaucoup mieux dans les eaux chargées de sels, que dans l'eau commune. L'acier qui n'est point découvert est celui sur lequel il reste une crasse ; cette crasse est composée de quelques matieres terreuses, mais mêlées avec des matieres grasses, qui ont été fournies par le charbon & par le fer même. Ce sont ces matieres grasses qui lient ensemble les parties terreuses, & qui les attachent à l'acier ; si on plonge l'acier dans des eaux chargées de sels, le sel dissout ces matieres grasses, il emporte la tache, comme le sel du savon emporte les taches du linge & des étoffes. Cette crasse, cette espece de tache ne reste point sur l'acier, ni même sur le fer trempés extrêmement chaud : la chaleur du fer & celle de l'acier étant montées à un certain point, tout ce qui arrive de gras, d'onctueux à leur surface est alors aussi-tôt consumé qu'il y est arrivé.

L'acier qui est trempé dans le vinaigre s'y découvre parfaitement; il m'a paru aussi qu'il y prend plus de dureté que dans l'eau ordinaire, qu'il y devient plus cassant. Le Verjus produit un effet approchant de celui du vinaigre.

Parmi les secrets pour endurcir l'acier on met presque par-tout le jus de Raves. J'ai trempé l'acier en l'enfonçant dans les Raves mêmes. J'ai aussi fait exprimer du jus de Raves après les avoir pillées.

L'acier trempé dans ce jus, ou dans la Rave même ne m'a pas paru plus endurci que celui qui a été trempé dans le vinaigre, je ne sçai même s'il l'a été autant.

Mais une liqueur dont l'effet n'a pas été équivoque, c'est l'eau forte, j'y ay trempé de l'acier en differents états ; je l'y ai trempé quelques fois si peu chaud, qu'à peine montroit-il une nuance de rouge, regardé même dans l'obscurité ; si on l'eût plongé alors dans l'eau froide, il en fût sorti très-limable ; & quand il a été retiré de l'eau forte il étoit bien trempé, la lime n'y pouvoit mordre. Une difference si sensible ne peut être attribuée qu'aux esprits pénetrants de l'eau forte ; sans doute qu'ils se sont introduits dans l'acier ; il n'est pas surprenant que ces esprits actifs aïent pénetré dans l'acier, pendant qu'un simple sel dissous avec l'eau n'a rien operé. Il y a une grande difference d'activité, l'acier lui-même seroit bientôt entierement divisé, rendu fluide, si on le laissoit long-temps dans cette liqueur ; si on ne l'y laisse qu'un instant, il ne fait qu'y prendre beaucoup de dureté ; une piece quelque délicate qu'elle fût ne seroit pas pour cela défigurée. Le succés de cette expérience doit faire tenter l'effet des differentes sortes d'esprits pour l'endurcissement de l'acier.

J'ai encore éprouvé celui de l'esprit de sel marin, il a endurci l'acier trempé à un degré de chaleur, auquel l'eau commune ne l'eut point endurci, mais je doute qu'il ait autant produit d'effet que l'eau forte ; aussi cet esprit n'est-il pas un aussi prompt

dissolvant du fer; il n'a pas autant de facilité à s'introduire dans ses parties.

Toute matiere qui refroidit l'acier le trempe; on peut le tremper dans des matieres grasses, ou huileuses, comme sont le suif, l'huile de lin, l'huile d'olive, l'esprit de vin, l'esprit de therebentine, des resines, &c. mais aussi est-il aisé de prévoir que ces matieres, aisément inflammables, peuvent aisément prendre un degré de chaleur approchant de celui de l'acier qu'on y trempe, sans lui ôter beaucoup de la sienne, par consequent qu'elles ne le refroidiront ni si considerablement, ni si subitement que feroient d'autres liqueurs, ou même l'eau commune.

Il y a pourtant des cas où l'on doit avoir recours à des trempes analogues à celles qui peuvent être faites dans ces matieres. Certains outils n'ont besoin de dureté que jusqu'à un certain point; il n'est pas nécessaire que la leur aille jusqu'à résister à la lime, il leur faut du corps. Un Faiseur d'Instruments de Mathématique, qui a à tremper des pointes de compas, les chauffe à la chandelle, dont il darde la flamme avec le chalumeau successivement sur une des pointes; quand cette pointe a pris couleur, il l'enfonce dans le suif de la chandelle même, & la voilà asses trempée. Mais les faux nous donneront un exemple plus important d'un des cas, où ces sortes de trempes douces sont nécessaires. Si une faux étoit trempée au même degré que l'est une coignée, que l'est un rasoir, que l'est un

couteau

couteau, elle n'en couperoit que mieux l'herbe; mais à la quantité d'herbe qu'elle a à abbatre, il est impossible que son taillant, de quelque façon qu'il soit trempé, ne s'émousse bien des fois en un jour. Si elle étoit trempée au même point que les autres outils dont nous venons de parler, le faucheur seroit donc dans la nécessité de la faire émoudre plusieurs fois dans un jour; quelle perte de temps, s'il avoit à la porter chaque fois chés un Taillandier? il faudroit peupler toutes les campagnes de cette espece d'Ouvriers. Les choses les plus communes dans les arts, sont pleines d'inventions ingénieuses ausquelles on ne prend pas garde. Il a fallu mettre le faucheur en état de faire les fonctions de Taillandier: pour cela on a imaginé, & rien ne l'est mieux, de donner aux faux une sorte de trempe, qui laisse à l'acier assés de corps, assés de souplesse pour qu'il puisse être applati par le marteau sans se casser. Au moyen de cet expédient, dès que le trenchant de la faux est trop gros, & trop mousse, le faucheur le pose sur une petite enclume qu'il porte toujours avec lui, & à petits coups de marteau il le rend mince, il l'applatit; au lieu de le faire user sur la grande meule du Taillandier, il n'a plus qu'à repasser le tranchant avec une pierre qui n'est guere plus grande que les pierres à rasoirs, mais dont le grain est plus gros. Il est vray que le tranchant de la faux n'est pas aussi vif que ceux des outils, dont la trempe est plus cassante, la lime même peut mordre dessus. Mais la gran-

deur de la masse dont il fait partie, la longueur du manche auquel il tient, enfin la vitesse avec laquelle la faux est poussée, tout cela ensemble fait que son taillant peut couper l'herbe, quoiqu'il n'ait pas une extrême dureté.

Nous nous sommes un peu arrêtés à cet outil, nous ne voulons pourtant pas entrer dans le détail des differentes trempes que divers Ouvriers lui donnent; cela est du ressort de la Taillanderie, & nous meneroit loin. Une page suffiroit à peine pour nommer toutes les drogues que quelques Ouvriers font entrer dans cette espece de trempe; ils la composent de la plûpart des mineraux, & même des préparations de mineraux, de plantes d'un grand nombre d'especes differentes, & sur-tout de plantes d'odeur forte. C'est la thériaque des Taillandiers: je ne sçai s'il y a autant à retrancher de la veritable thériaque que de celle-cy; mais je sçai que quelques Ouvriers font entrer dans la trempe de leurs faux bien des matieres inutiles, & d'autres peut-être nuisibles. Le fond se réduit à tremper la faux dans le suif, ou dans des matieres équivalentes: je ne sçai même si en la trempant dans l'eau boüillante, ou chauffée à un certain point, on ne donnera pas à son taillant le degré de dureté & de souplesse qui lui sont nécessaires. Mais comme nous l'avons dit, cela regarde un autre art.

Pour dire cependant un mot de nos matieres grasses, & de nos matieres huileuses, j'ai trempé de l'acier dans le suif, dans le bœure, dans la cire, dans l'huile,

dans la resine, dans l'esprit de vin, & dans le savon. Toutes ces trempes n'endurcissent pas autant que celle à l'eau froide ; il en est de celles-ci comme de celles à l'eau boüillante, ou chaude. Si par exemple, on trempe de l'acier couleur de cerise dans de l'esprit de vin, il n'y prend pas une dureté suffisante pour résister à la lime, & si on trempe l'acier plus chaud dans la même liqueur, il en sortira assés dur pour que la lime ne puisse mordre dessus.

Si on trempe dans l'eau de vie, elle endurcira l'acier, trempé à un degré de chaleur où il ne se fût pas endurci dans l'esprit de vin ; elle ne l'endurcit guere moins que l'eau commune : aussi la plus forte eau de vie contient-elle considerablement de cette eau commune, comme on le peut voir par le curieux memoire de M. Geofroy le jeune imprimé parmi ceux de l'Academie de l'année 1718. *p.* 35. il y enseigne les manieres les plus exactes d'éprouver l'eau de vie, & l'esprit de vin. il trouve que de bonne eau de vie, loïale & marchande, après avoir été brulée, laisse la moitié de son poids de flegme pur. Cette partie qui a été brulée est celle qui eût composé l'esprit de vin, si on l'eût reçue dans un recepient. Cet esprit de vin mis à l'épreuve, donne lui-même bien plus de la moitié de son poids en flegme ; & ce qu'il en donne n'est pas probablement, à beaucoup près, tout ce qu'il en contient.

Venons à present à considerer l'acier par rapport aux dispositions qu'on peut lui donner pour être plus susceptible de la trempe. Suivant ce que nous

avons dit de la cause de son endurcissement subit, & même de la cause de la transformation du fer en acier, il ne paroît pas qu'il y ait rien de plus avantageux à faire, que de remplir les interstices, qui sont entre les molecules de l'acier, de plus de parties sulfureuses & salines. Pour y parvenir qu'y a-t'il de mieux que de le chauffer au milieu de matieres qui lui en puissent fournir? C'est à quoi tendent les trempes en paquet. Nous nous sommes déja trouvés dans la nécessité de parler plus d'une fois de ces sortes de trempes, elles ne sont point une façon particuliere de tremper l'acier; car ici on trempe à l'ordinaire l'acier dans l'eau froide; mais elles supposent une façon particuliere de le chauffer avant de le tremper: au lieu de lui faire prendre la couleur de cerise en le posant immédiatement au milieu des charbons, on le renferme dans des boîtes de tole, dont toutes les jointures sont bien enduites de terrre, afin que la flamme ne trouve point d'entrée dans ces boîtes. Il y est environné des ingredients convenables. On l'y fait chauffer une, ou plusieurs heures, & dans l'instant qu'on le retire de la boîte on le plonge dans l'eau.

Les bases des trempes en paquet, ou les principales matieres dont on enveloppe les pieces qu'on veut chauffer pour leur donner cette sorte de trempe, sont des suyes ou du charbon; la suye ordinaire y est très-souvent employée; chaque Ouvrier a sa methode pour rendre sa trempe en paquet meilleure; & selon leur louable coutume, ils en font mystere.

On ne peut rien de mieux, & de plus utilement inventé par rapport aux trempes, que cette façon de tremper. Nous avons vû grand nombre de fois, que dès qu'on augmente la dureté de l'acier, qu'on le rend plus cassant, & qu'en même temps on grossit son grain, ce qui est un vray inconvenient. Au moyen des trempes en paquet, on peut le rendre plus dur, sans le rendre plus cassant, & sans lui donner un grain plus gros. Et cela parce qu'un acier qui a été trempé en paquet, ou plus exactement parlant, qui a été trempé après avoir été recuit en paquet, parce que dis-je cet acier n'étant trempé que couleur de cerise, sera aussi dur que s'il eût été trempé presque blanc, sans avoir été recuit: on donne de la dureté en conservant le corps de l'acier, & la finesse de son grain.

Mais les trempes ou recuits en paquet ne sont pas seulement faits pour l'acier, ils endurcissent le fer, ils le rendent susceptibles de la trempe. C'est avec les trempes en paquet qu'on donne aux limes de fer une dureté à peu près égale à celle des limes d'acier, qu'on endurcit les platines & divers autres pieces des fusils.

Pour prendre des idées plus nettes des effets de cette trempe, considerons d'abord ce qu'operent sur le fer les recuits qu'on lui donne, lorsqu'on lui fait souffrir un long feu après l'avoir enveloppé des suyes & d'autres matieres. Il est visible que cette operation tend à convertir le fer en acier, les experiences que nous avons rapportées dans les memoi-

res qui ont cette converſion pour objet, n'en ſçauroient laiſſer douter, ce ſont même nos recuits des trempes en paquet, qui m'ont donné le plus de lumieres, pour découvrir la maniere de faire cette converſion. Quand on retire le fer du paquet où il étoit renfermé, ſa premiere couche eſt devenuë acier. Si on le trempe alors dans l'eau, il n'eſt donc pas étonnant qu'il y prenne une dureté qu'il n'y auroit pas priſe auparavant. Si on caſſe cette piece, on lui voit tout au tour un cordon formé de grains pareils à ceux qu'a l'acier trempé. Mais ſi les trempes en paquet nous ont conduit à l'art de convertir le fer en acier, cet art à ſon tour nous met en état de voir, pourquoi ces trempes operent, & de les porter au point de perfection, où elles peuvent aller.

Si c'eſt de l'acier qu'on recuit pour le tremper en paquet, les matieres dont il eſt environné le rendront, pour ainſi dire plus acier, l'éleveront à un plus haut degré d'acier, en feront un acier plus fin; il s'endurcira donc davantage étant trempé au même degré de chaleur, ſelon une des regles, que nous avons données dans ce memoire. L'acier qui chauffe dans le paquet eſt environné de matieres qui abreuvent ſa ſurface de ſoufres, & de ſels; la quantité de ſoufres, dont il étoit penetré naturellement, eſt donc augmentée, il en a donc davantage entre ſes parties, que ſi le feu eût ſeulement fait ſortir de dedans ſes parties une portion de ce qui y étoit. Lorſqu'on trempera cet acier, plus pe-

netré de soufres, & de sels, quoiqu'on le trempe au même degré de chaleur, après la trempe il aura plus de dureté qu'il n'en eût eu.

Mais ce qui est surtout à remarquer icy, c'est que si le recuit, qui a precedé la trempe, n'a pas été d'une longue durée, les soufres & les sels n'auront pas penetré avant, il n'y aura que ce qui sera proche de la surface qui aura pris une disposition à s'endurcir davantage, le reste aura donc autant de corps, que s'il n'eût pas été trempé si dur.

Qoique la ressemblance soit parfaite pour le fond entre les recuits des trempes en paquet, & ceux qu'on employe pour convertir le fer en acier, il y a pourtant des matieres qui conviendroient aux uns, & qui ne conviendroient pas aux autres; il y a des matieres qu'on doit éviter, lorsqu'il s'agit de convertir le fer en acier, & qu'on doit prendre par préference pour les trempes en paquet. Les raisons de ces differences nons ouvriront en même temps un chemin pour perfectionner nos trempes. Après que le fer a été converti en acier, cet acier a à soutenir plusieurs chaudes, il faut qu'il résiste au marteau sans s'entr'ouvrir, sans se gerser, que ses parties aïent de la disposition à se réunir. Quand on fait de l'acier on doit donc se donner de garde d'employer les matieres qui le rendent trop difficile à travailler. On doit de même éviter de faire produire sa conversion par des matieres trop volatiles, qui s'échaperoient dans quelques chaudes, qui le laisseroient trop s'affoiblir. Il n'en est pas

de même des aciers qu'on recuit en paquet pour les tremper ; ils sont actuellement façonnés en outils ; car on doit sçavoir qu'on ne trempe l'acier en paquet, ni autrement, qu'après lui avoir donné la forme sous laquelle il doit rester : en sortant du recuit, on trempe ces outils, & on ne s'embarasse pas qu'ils soutiennent difficilement le marteau, on ne doit plus les forger ; que leur dureté vienne de matieres très-volatiles, c'est aussi ce qui n'importe point, puisqu'ils ne doivent plus être remis sur le feu.

Mais les matieres qu'on cherche au contraire sont celles qui peuvent leur donner plus de dureté, & les penetrer le plus promptement. Au lieu que dans la conversion du fer en acier, on veut que les matieres sulfureuses parviennent jusqu'au centre, afin de le rendre parfait acier, ici il seroit à souhaiter que les matieres qu'on employe pour les recuits, ne passassent pas par-delà les premieres couches. Ce sont ces premieres couches qu'on a besoin d'avoir dures. On veut du corps aux couches suivantes, de là naissent quelques regles.

1°. Les matieres les plus propres à durcir l'acier, & à le penetrer aisément, sont les meilleures pour nos trempes.

2°. Plus on peut recuire vîte & à petit feu, & meilleure est la trempe. Si le degré de chaleur n'alloit qu'à rougir la surface d'un rouge foncé, noirâtre, ou un peu par-delà, la trempe en seroit plus parfaite ; car alors l'interieur de la piece, qui est toujours moins échauffé, n'a encore que le degré

de chaleur d'une couleur noire ; d'où il suit que les matieres sulfureuses & salines, qui ne s'introduisent que dans les endroits, où elles sont portées par le feu, alors ne seroient pas portées beaucoup par-delà la surface.

3°. Or pour recuire vîte à petit feu, il faut les matieres les plus propres à penetrer le fer. Pour bien juger de l'efficacité des matieres qui doivent être employées pour ces sortes de recuits, pour en faire les expériences, il ne faut donc pas seulement être attentif au degré de dureté, que differentes matieres peuvent donner au fer ou à l'acier, il y a nombre de matieres, qui les peuvent rendre l'un & l'autre aussi durs par la trempe qu'on le peut souhaiter ; & il ne seroit pas aisé de décider de la difference qui seroit entre les degrés de dureté produits par differentes matieres. Mais il s'agit de voir quelles sont les matieres qui en moins de temps, & à un moindre degré de chaleur rendent le fer plus dur. Je dis le fer, parce qu'il est beaucoup plus propre que l'acier à nous montrer le succés des recuits : l'acier prenant toujours une dureté considerable à la trempe, le succés des expériences pourroit être plus difficile à démêler.

Dans celles que j'ai faites, pour m'instruire sur les trempes en paquet, j'ai donc choisi le fer : ce qu'elles nous apprennent de plus favorable pour le tremper en paquet, le sera aussi pour tremper l'acier. J'ai renfermé dans differents creusets des morceaux de fer de mêmes dimensions, & de même qua-

lité, & entourés de differentes matieres. Je vais rapporter quelques-unes des principales expériences que j'ai faites, elles fourniront des trempes qui me paroissent telles qu'on les peut demander; si cependant on le juge à propos, on pourra multiplier ces expériences, la matiere n'en sera que mieux approfondie.

1°. J'ai essayé la suye de cheminée toute seule.

2°. J'ai aussi essayé de la savate reduite en charbon; les Ouvriers qui se piquent de bien tremper en paquet la préferent à la suye. Mais il m'a été difficile de m'appercevoir de differences qui fussent en faveur de la savate. Si elle a quelqu'avantage, il est si peu considerable qu'il est aisé de le rendre à la suye, & même de lui rendre plus, par l'addition de quelques-unes des matieres dont nous parlerons. D'ailleurs la suye est plus aisée à recouvrer, ce qui est quelque chose, quand il s'agit de tremper une grande quantité de fer.

3°. J'ai ensuite essayé de la suye détrempée avec l'urine; la plûpart de ceux qui trempent des limes en paquet n'y cherchent point d'autre façon. Ils prennent par préference l'urine la plus vielle & la plus épaisse. On détrempe la suye avec l'urine a consistance de pâte, & on enveloppe de cette espece de pâte les pieces de fer. L'urine a acceleré l'effet de la suye, le fer en a été plutôt en état de prendre la trempe.

4°. J'ai essayé le charbon de savate détrempé avec l'urine, & j'ai comparé son effet avec celui

de la suye détrempée aussi avec l'urine, je n'ai point reconnu encore dans cette épreuve que la savate eût quelque avantage.

5°. J'ai mêlé une partie de fleurs de soufres avec deux parties de suye, sans y ajouter d'urine : le soufre a paru arrêter l'effet de la suye. Le fer n'a pas pris de dureté, quoiqu'il eût été bien durci pendant le même temps par de la suye demêlée avec l'urine.

6°. Dans une autre expérience j'ai mêlé une partie de sel marin reduit en poudre, avec de la suye seule. La suye détrempée avec l'urine n'a pas à beaucoup près, autant endurci le fer pendant le même temps, car il faut toujours remarquer qu'il s'agit ici principalement de la durée du recuit.

7°. Pour continuer à éprouver l'effet des sels, j'ai mêlé du sel marin dans de la suye détrempée avec l'urine.

8°. Dans d'autre suye détrempée avec l'urine j'ai mis même poids de sel ammoniac en poudre.

9°. Dans la suye détrempée avec l'urine, j'ai mêlé du sel de verre.

10°. Dans la suye détrempée avec l'urine, j'ai mêlé de la potasse.

Ces quatre derniers essais aïant éte faits pendant la même durée de feu, le fer entouré de sel ammoniac a pris le plus de dureté, quoique sa place par rapport au feu fût une des moins favorables. La composition où étoit entré le sel marin avoit durci, mais moins ; celle des deux autres sels n'avoit

rien produit. Si l'effet du recuit est acceleré par le sel marin, il l'est donc encore plus par le sel ammoniac. Quand je dis que les autres sels n'avoient rien produit, je ne veux pas dire qu'ils n'eussent rien produit par la suite; il s'agit de leur effet dans le temps qui avoit suffi au sel ammoniac & au sel marin pour agir efficacement.

11°. Dans une autre expérience à la place d'un des sels précedents, j'ai mis de la gravelée.

12°. Dans un autre du vitriol.

Mais de toutes les expériences que j'ai faites sur les sels, il en a résulté que le sel ammoniac & le sel marin étoient ici bien supérieurs aux autres, mais que le sel ammoniac l'emportoit sur le sel marin.

13°. Mes essais sur la conversion du fer en acier m'ont fait connoître une matiere qui rend le fer un acier plus dur qu'aucun autre, & aussi plus intraitable, c'est la fiente de pigeon brulée, & reduite en charbon, je m'en suis promis beaucoup. Je l'ai essayée plusieurs fois; seule, elle a produit autant d'effet que la suye détrempée avec l'urine, & mêlée avec la moitié de son poids de sel marin.

14°. Je crois donc que pour faire un recuit aussi prompt & aussi efficace qu'on le puisse souhaiter, il n'y a qu'à prendre de cette fiente détrempée avec l'urine, & mêlée avec du sel ammoniac, ou du sel marin. L'experience m'a appris que le fer s'y endurcissoit en très-peu de temps, je ne sçai si on parviendra à faire mieux.

15°. Au lieu de suye j'ai aussi employé du char-

bon de terre reduit en poudre, & mêlé avec le sel marin, & cela conduit encore par mes expériences sur la conversion du fer en acier. Il a bien durci, & je ne sçai s'il n'a pas fait plus d'effet que la suye.

Il nous reste à parler d'un recuit d'une autre espece que celui qu'on donne aux ouvrages d'acier pour les tremper plus durs, d'un recuit qu'on leur donne au contraire pour les ramollir. Si l'acier qui a été trempé le plus dur, est remis au feu, qu'on lui fasse prendre un degré de chaleur approchant de celui qu'il avoit lorsqu'il a éte plongé dans l'eau, on lui fera perdre la dureté qu'il avoit acquise; il redevient mou, limable; le chauffer ainsi, est ce qu'on appelle le recuire. Mais outre ce degré de chaleur, entre ce recuit qui rend l'effet de la trempe absolument nul, il y a une infinité de recuits de degré de chaleur moyenne, qui n'ôteront à l'acier qu'une partie de sa dureté, & qui lui rendront une partie de sa souplesse.

Comme on n'est pas maître de tremper un outil d'acier precisément au degré de chaleur qu'on souhaiteroit, qu'en voulant ne lui faire prendre que la dureté nécessaire, on pourroit lui en faire prendre trop peu; l'usage est de tremper dans l'eau froide les outils d'acier fin, après les avoir rougi à peu près en couleur de cerise. On laisse cette dureté aux ouvrages à qui elle convient, & on en ôte à ceux qui n'ont pas besoin d'en avoir tant, mais qui ont besoin d'avoir plus de corps; & on leur en ôte

plus ou moins, ſelon l'uſage auquel ils ſont deſtinés, & auſſi ſelon la qualité de l'acier dont ils ſont faits. De deux ciſeaux, dont l'un eſt deſtiné à couper le fer à froid, & l'autre à couper du bois, on ôtera plus, par le recuit, de la dureté du ciſeau qui n'aura à agir que ſur le bois.

Ce ſeroit encore matiere à un aſſés long traité, que d'examiner à fond ce qui concerne les differentes ſortes de recuits, la maniere de les proportionner aux differentes ſortes d'ouvrages, & aux ouvrages faits de differents aciers; mais nous nous reſtraindrons encore ici, comme nous l'avons fait par rapport aux trempes, aux notions les plus generales.

On connoît par la couleur de l'acier, s'il eſt aſſés chaud pour être trempé; de même connoît-on par ſa couleur s'il eſt aſſés détrempé, s'il eſt recuit au point où on le veut. La piece qu'on recuit doit être placée ſur les charbons de maniere qu'on puiſſe apercevoir les differentes couleurs qu'elle prend ſucceſſivement. Suppoſons qu'elle y a été miſe, mais ſuppoſons de plus que cette piece, ce morceau d'acier quel qu'il ſoit, avant d'être trempée a été au moins polie à la lime, que ſa couleur eſt blanche, d'un blanc qu'ont le fer ou l'acier polis; ſuppoſons encore que les charbons ſur leſquels nous l'avons placée ſont peu vifs, qu'ils ne ſçauroient l'échauffer que lentement. Si nous obſervons à preſent les changements qui vont ſe faire à la ſurface, nous verrons d'abord le blanc de l'a-

cier devenir plus pâle ; il prendra une nuance du jaune le plus foible, cette nuance se fortifiera par degrés, & enfin le jaune parviendra à être ce que les Ouvriers appellent couleur d'or, & qui dans les aciers bien polis l'est réellement. Si l'acier continuë à s'échauffer de plus en plus, la couleur d'or commencera à disparoître, elle se mêlera avec une legere teinture de pourpre : enfin tout ce qui étoit couleur d'or, deviendra pourpre. Le pourpre prendra des nuances de plus foncées en plus foncées, il deviendra violet. Le violet se changera ensuite en un beau bleu foncé, ce bleu se delaiera insensiblement, & il deviendra bleu clair, & du plus clair. Enfin la derniere des couleurs qu'on pourra suivre sera la couleur d'eau, qui est pour ainsi dire le dernier degré de bleu. Il n'y a plus de nouvelle couleur à observer, entre cette derniere & la premiere nuance de rouge, que la chaleur augmentée donnera à l'acier.

Si l'acier à qui on fait prendre couleur est chauffé également dans toute son étenduë, il paroîtra par-tout d'une des couleurs, ou d'une des nuances de couleurs, que nous venons de déterminer ; mais s'il est chauffé inégalement, les couleurs seront differemment distribuées comme les degrés de chaleur. Qu'on le chauffe par un bout, & que la chaleur qu'acquierrera le reste lui soit toute communiquée par celle du bout, qui insensiblement gagnera de proche en proche ; alors on trouvera bientôt sur l'acier la suite entiere des couleurs, & de toutes

leurs nuances. A mesure que le jaune foible, qui sera la nuance la plus éloignée du bout, avancera, il se fera un changement dans chacune des couleurs, qui la précedent.

Quand l'acier a été bien poli, & chauffé avec des précautions que nous ne devons pas expliquer ici, ces couleurs ne le cedent en beauté, & en vivacité, à aucune des plus éclatantes couleurs de la peinture. Au reste on sçait qu'elles sont fixes quand on le veut; dés que l'endroit, qui a pris une certaine couleur, n'augmentera plus en chaleur, il conservera cette couleur. Il n'est personne qui n'ait vû de l'acier en violet & en bleu, on lui donne ces couleurs pour embellir encore les plus beaux ouvrages, & sur-tout ceux qui sont dorés; & la premiere fois qu'on la vû ainsi coloré, on aura été tenté de croire que c'étoit une couleur rapportée avec le pinseau, au moins n'auroit-on pas imaginé, qu'un leger degré de chaleur a suffi pour la lui donner.

Au reste il n'en est point de ces couleurs, comme des differents rouges qu'une chaleur plus violente donne à nôtre métal, ces dernieres pénetrent l'acier de toutes parts; l'acier est rouge interieurement, ou en état interieurement de produire sur nous le sentiment de rouge, comme à la surface; au lieu que le bleu, le violet, la couleur d'or, dont nous venons de parler, sont seulement à la surface de l'acier. Laissés refroidir lentement, ou refroidissés subitement l'acier qui a pris une de ces belles couleurs, sa surface conservera cette couleur;

mais

mais emportés avec la lime la premiere ſurface ; caſſés yôtre morceau ; au-deſſous de la premiere ſurface, & dans tout l'intérieur, vous ne trouverés plus que la couleur blanche qui lui eſt naturelle. La proprieté de ſe colorer ainſi par differents degrés de chaleur n'eſt pas particuliere à l'acier, elle lui eſt commune avec le fer ; mais le fer ne prend pas de ſi belles, & de ſi vives couleurs que l'acier, & les prend moins aiſément.

Si on veut chercher la cauſe de ces differentes couleurs qui paroiſſent à la ſurface de nôtre acier, il faut encore avoir recours aux parties ſulfureuſes de ce métal. Et après tout ſi nous n'y avions pas recours, il nous faudroit chercher ailleurs des ſoufres pour produire cet effet. Une chaleur douce les fait élever, les conduit juſqu'à la ſurface, & ils lui donnent des couleurs differentes ſelon la quantité qu'il y en a de raſſemblés. Mais il n'y a qu'une chaleur mediocre qui puiſſe teindre la ſurface de l'acier par les ſoufres qu'elle y conduit ; ſi la chaleur étoit plus conſiderable, elle brûleroit ces matieres inflammables, elle ne leur permettroit pas de s'arrêter ſur la ſurface.

On remarque que l'acier qui a pris couleur ſe roüille moins vîte que l'acier qui eſt reſté blanc ; je n'en ai pourtant pas fait une expérience ſuivie ; mais ceux qui craignent le roüille pour leurs fuſils, en font mettre les canons en couleur d'eau. Il eſt très-connu que l'huile empêche ce métal de ſe roüiller, la couche mince de matieres huileuſes,

ou sulfureuses qui le colorent, doit donc aussi le préserver de la roüille, au moins jusqu'à un certain point.

Les taches appellées roses, qu'on trouve dans l'interieur de l'acier, doivent leur origine aux mêmes matieres, qui pendant une chaleur plus considerable, & dans des aciers encore plus chargés de ces matieres, ont été poussées vers le centre de la bille, comme elles le sont ici à la surface. Ou si l'on veut la chaleur, qui a mis ces soufres en mouvement, a brûlé les plus proches de la surface, & a laissé les interieurs sur qui elle a eu moins d'action.

Qu'on n'ait pas au reste le moindre doute, si les matieres sulfureuses qui colorent nôtre acier, viennent de l'acier même, ou si elles ne viennent point des charbons sur lesquels on le fait chauffer; si ce n'en sont point les fumées qui s'attachent à sa surface; un fait que nous avons besoin de rapporter, pour revenir à nos recuits, ôte toute incertitude. Après qu'on a chauffé un outil d'acier, & qu'on l'a eu trempé dans l'eau, si on le retire sur le champ, il est encore chaud, & sur-tout interieurement; l'eau n'a eu le temps de bien refroidir que la surface. Dès qu'il est hors de l'eau, la chaleur, que son interieur a conservée, se communique de proche en proche, la surface s'échauffe, & échauffée à un certain point, elle paroît jaune pâle, ensuite couleur d'or, violette, bleuë; en un mot si l'acier a été retiré vîte de l'eau, il se peindra successivement de toutes les couleurs qu'on lui eût fait prendre en le

chauffant sur les charbons ; les couleurs que prend cet acier au milieu de l'air, ne viennent donc que des matieres qui sont dans sa substance propre.

Mais pour revenir à nos recuits sur lesquels nous ne pouvions rien dire de net, jusqu'à ce qu'on connût les ordres des differentes couleurs, par où passe l'acier à mesure qu'il s'échauffe. Il est clair que ces recuits mettent les soufres de l'acier en mouvement, & il est naturel d'en conclure que comme ils en amenent à la surface de l'acier, qu'ils en mettent d'autres en état d'être repris par ce métal. Ce qui est de certain, & sur quoi est fondé l'effet qu'on attend du recuit, c'est qu'il change le grain. Qu'un acier ait été trempé à un degré de chaleur tel, qu'il ait pris un grain blanc, ou un grain mêlé ; qu'on casse ce morceau d'acier en deux ; qu'on conserve un des morceaux, & qu'on donne un recuit à l'autre, jusqu'à ce qu'il soit bleu clair, ou couleur d'eau ; quand il sera refroidi qu'on le casse ; qu'on compare cette cassure avec celle qu'on a conservée, on trouvera celle du morceau recuit d'un grain plus fin : mais ce qu'on remarquera beaucoup plus distinctement, c'est que le grain de cette derniere cassure sera plus terne que celui de l'autre. On a donc remis l'acier dans un état pareil à celui, où il se seroit trouvé s'il eût été trempé moins chaud, ou au degré de chaleur qui donne le grain qu'il a après le recuit.

Il y a deux manieres differentes de recuire un outil, comme nous avons vû deux manieres de

faire prendre couleur à l'acier. La premiere est de tremper l'outil, & de le laisser entierement, ou presque entierement, refroidir dans l'eau, où il a été trempé, & de le porter ensuite sur les charbons allumés, jusqu'à ce qu'il y soit échauffé au point convenable. La seconde est de tirer l'acier de l'eau immediatement après qu'il y a été plongé; on laisse ensuite venir les couleurs sur sa surface, on le laisse, pour ainsi dire, se recuire lui même; & quand sa surface a la nuance de couleur qui convient au recuit, on trempe l'outil une seconde fois, on le laisse dans l'eau jusqu'à ce qu'il soit entierement refroidi. Par exemple, si on veut que le trenchant d'un outil reste très-dur, on lui laissera prendre la couleur d'or, & aussitôt on le trempera, de crainte qu'il ne fût trop recuit, trop détrempé, si on avoit laissé monter la couleur jusqu'au violet. Pour un autre outil à qui l'on veut plus de corps, on lui laissera prendre le bleu, & on le trempera alors, pour l'empêcher d'aller jusqu'à la couleur d'eau. Il y en d'autres à qui on laissera prendre toute la couleur qu'ils peuvent prendre de la sorte sans les tremper une seconde fois; on ne craint pas qu'ils se recuisent trop par la chaleur que leur a laissé la trempe.

Mais il y a un terme par-delà lequel le recuit étant poussé, il ôtera à l'acier toute la dureté qu'il tenoit de la trempe, & pour arriver à ce terme, il ne faut pas, à beaucoup près, donner à l'acier le degré de chaleur qu'il avoit quand il a été trempé.

De l'acier qui aura été trempé blanc, ou presque blanc, sera entierement detrempé, si après l'avoir remis au feu, on lui fait prendre les premieres nuances de rouge. Dès que l'endurcissement de l'acier dépend des soufres qui sont fixés entre ses molecules, la raison de ce fait est simple. L'acier se saisit aisément des soufres, & retient ceux dont il s'est saisi. Dès que la chaleur aura été assés forte pour fondre ceux qui ont été refroidis entre les molecules, ils rentreront dans les molecules; sans qu'il soit nécessaire que l'acier soit aussi chaud, qu'il l'étoit lorsqu'ils en sont sortis; la disposition naturelle de l'acier favorise leur entrée, & s'oppose à leur sortie.

Quand on fait recuire un outil à la forge, il n'est pas toujours aisé de voir la couleur qu'il y a prise; les environs de la forge sont rarement assés éclairés, souvent la surface de l'outil est crasseuse, ce qui empêche les couleurs de bien paroître. Pour juger donc si l'outil a eu assés de recuit, il faut dans ces circonstances, qui sont les plus ordinaires, avoir recours à de petits expedients. Il y a des outils qu'on frotte d'huile avant de les recuire, l'huile qui brûle apprend que la durée du recuit a été suffisante : après avoir un peu chauffé d'autres outils, on les frotte avec un morceau de bois sec, & l'on juge si l'outil a eu trop, ou trop peu de recuit par la façon dont le bois brûle. Mais ce sont-là précisément les détails où nous ne nous sommes pas proposés d'entrer, & qui regardent d'autres arts.

Mais nous voilà loin, même depuis du temps, de nôtre art de convertir le fer forgé en acier ; après avoir éclairci ce qui le regarde directement, nous avons crû devoir expliquer quelques-unes de ses dépendances ; ne trouvera-t-on point que nous les avons trop étenduës ? elles nous laissent pourtant encore beaucoup à dire.



L'ART
D'ADOUCIR
LE FER FONDU,
OU
L'ART
DE FAIRE DES OUVRAGES
DE
FER FONDU
AUSSI FINIS
QUE DE FER FORGÉ.

L'ART





L'ART D'ADOUCIR LE FER FONDU,

OU

L'ART DE FAIRE DES OUVRAGES de Fer fondu aussi finis, que de Fer forgé.

PREMIER MEMOIRE.

Des differentes sortes de fontes de Fer, ou de Fers fondus, & de leurs qualités ; de la maniere de rendre ces fontes plus pures ; & à quoi il a tenu qu'on ne fit de Fer fondu quantité d'Ouvrages, qu'on peut faire de Fer forgé.

LE caractere le plus sensible qui distingue les métaux, des mineraux, & des pierres, c'est de se laisser étendre sous le marteau, d'être malleables. Mais dés que le fer a acquis cette proprieté, dès qu'il a pris, pour ainsi dire, le principal caractere métal-

lique, il differe des autres métaux en ce qu'il n'est pas fusible par la force du feu de nos fourneaux. Tout fer forgé, tout fer en barres peut au plus être réduit en une sorte de pâte assés molle pour tomber par gouttes; & c'est ce que nous avons nommé du fer chauffé fondant; mais il ne peut plus être rendu liquide comme le peuvent être le Plomb, l'Etain, le Cuivre, l'Or & l'Argent. On parvient pourtant à le mettre en fusion, mais c'est en lui donnant des fondants qui le ramenent en quelque sorte à son premier état, à celui où il étoit immediatement après avoir été tiré de la mine. Ainsi refondu il perd sa malleabilité & sa souplesse, il redevient presqu'aussi dur, & aussi cassant qu'il l'étoit avant d'avoir été affiné: la plûpart même des fondants le rendent très-spongieux.

Pour faire des ouvrages de fer, forgé en barres, on est donc contraint de travailler ce métal au marteau, à la lime, au ciseau, au burin, ou avec d'autres outils semblables; & si on en excepte le marteau, c'est presque toujours à froid qu'on le façonne avec ces outils. Or comme il est alors très-dur, on n'en peut faire des pieces qui aïent des ornements recherchés & finis, qu'avec un temps considerable. Il y a tel clef qui a occupé pendant plusieurs mois un Ouvrier habile. Quand les pieces sont grosses, la difficulté augmente encore par une autre consideration; on commence par faire forger une masse de fer, composée de plusieurs barres, d'où on puisse comme d'un bloc de mar-

bre, tirer la figure dont on a fait faire le dessein, ou le modelle ; cette masse, faite de diverses barres soudées les unes contre les autres, n'est pas toujours d'une tissure, d'une solidité, aussi uniforme que le bloc de marbre, auquel nous venons de la comparer ; souvent il reste dans l'interieur des fentes, des crevasses, des endroits mal réünis ; & quelques fois on ne parvient à découvrir ces endroits défectueux, qu'après avoir emporté bien du métal avec le ciseau. Il n'est que trop ordinaire que de pareils défauts rendent inutile tout le travail precedent ; on est obligé d'abandonner la piece, pour en forger une nouvelle, avec le même risque ; c'est ce que les Ouvriers appellent faire un *pâté*, & il leur arrive quelques fois de faire deux ou trois de ces mauvais *pâtés*, avant de parvenir à une masse de fer, qui merite d'être employée. Mais le prix de ces sortes d'ouvrages peut encore mieux mettre au fait du temps qu'ils demandent. Les Curieux de fer bien travaillé connoissent, à Paris, le marteau, ou en terme de Serrurie, la boucle de la porte cochere de l'Hôtel de la Ferté, ruë de Richelieu, il a coûté sept cens livres dans une année où tout étoit à sa commune valeur ; on païe quelque fois plus cher des gardes d'épée bien ciselées, qu'on nomme par honneur des gardes d'acier, quoiqu'elles ne soient pour l'ordinaire que de simple fer ; mais ici ce n'est pas la matiere qui encherit l'ouvrage. A la verité ceux de fer de ce prix excessif ne sont pas communs, il seroit même dom-

mage qu'on les multipliât jusqu'à un certain point; ce sont choses, dont on peut fort bien se passer, & qui consomment trop de temps, qui peut être mieux employé. Mais il seroit agreable, qu'on les pût faire à juste prix, & il seroit avantageux, surtout pour la décoration des grands Edifices, & des maisons des Particuliers, qu'on pût faire à bon marché de beaux ouvrages de ce métal. Les balcons, les grilles, les portes grillées, les rampes d'escalier ne sont pour l'ordinaire que d'un travail mediocre; on n'y met rien de bien limé, de recherché, de poli; ou si on y veut quelque chose de tel, on est forcé d'abandonner le fer: on lui substituë le cuivre, qui, quoique plus cher, revient à beaucoup moins étant mis en œuvre. Ce qu'il y a en fer dans ces grands ouvrages ne sont guere que des barres, ou lames roulées ou contournées, & au plus quelques ornements de tole emboutie, toujours longs à finir, & rarement assés beaux pour être regardés de près. A peine peut-on citer dans le Royaume quelques grands morceaux de fer massif bien travaillés, telles que sont les fameuses portes du Château de Maison près Poissy; ce sont de magnifiques ouvrages; mais il n'y a guere que des Souverains, ou ceux qui gouvernent leurs finances, qui puissent faire exécuter quelque chose de pareil. On assûre que ces portes, qui ne consistent qu'en trois battants, ont été autrefois païées soixante-neuf mil écus: à combien reviendroient-elles aujourd'huy? Enfin on n'ose entreprendre de

grands & beaux Ouvrages de fer forgé à cause des sommes excessives qu'ils coûteroient.

Le prix des ouvrages de Cuivre, & même de ceux d'Or, d'Argent est considerablement diminué par la facilité qu'on a de les jetter en moule, & de les réparer quand ils en sont sortis : sans cette facilité nous n'aurions point ces superbes Statuës, ces grands morceaux de bronze, & une infinité d'ouvrages de cuivre plus communs, mais plus nécessaires. A la verité le fer avant d'être parvenu à l'état de fer forgé, le fer tel qu'il a été tiré de la mine, en un mot le fer qu'on appelle fonte de fer, se coule en moule : nous devons à cette maniere de le mouler divers ouvrages, mais qui ne sont pas d'une grande beauté, & qui n'ont de valeur que proportionnellement à leur poids, comme les contrecœurs des cheminées, les poêles, les pots, & les marmittes de fer, des vases à fleurs, des tuïaux de conduite d'eau, des canons, &c. Mais on ne fait de cette matiere aucunes pieces de prix ; les usages mêmes ausquels on l'employe sont très-bornés. Nous osons pourtant nous promettre qu'on fera dans peu, avec cette même fonte de fer, des ouvrages aussi beaux, aussi finis, que s'ils étoient de fer forgé, ou même d'acier ; qu'ils engageront à si peu de frais, qu'on ne craindra pas de les entreprendre ; mais avant d'expliquer ce secret, & de faire même sentir l'étenduë de l'utilité dont il doit être à un grand nombre d'arts, il nous faut donner ici quelques notions des differentes sortes

de fontes de fer, de leurs qualités, & expliquer les difficultés qui ont empêché qu'on n'en fit les ouvrages ausquels nous ne doutons nullement qu'on les employe par la ſuite.

On ſçait, & nos memoires précedents l'auroient appris de reſte, que la matiere qui coule du fourneau immediatement après que la mine de fer a été fonduë, eſt ce qu'on appelle fonte, & eſt un fer qui n'eſt pas malleable; que ſon caractere eſt d'être dur, & caſſant. Quand cette matiere a été moulée en ouvrage, elle porte ordinairement le nom de fer fondu, les canons qui en ſont faits ſont appellés des canons de fer, ou de fer fondu, les tuïaux de conduite d'eau, des tuïaux de fer, ou de fer fondu; elle ne retient guere le nom de fonte, que quand elle a été coulée en gueuſe, ou ſous quelqu'autre forme, qu'elle ne doit pas conſerver. Nous ne l'appellerons auſſi fonte que juſqu'à ce que nous l'aïons fait jetter en moule.

En general on peut diſtinguer les fontes, & on les diſtingue en deux claſſes par rapport à la couleur qu'on voit ſur leur caſſure, les unes ſont des fontes blanches, * & les autres ſont des fontes griſes.* la difference des mines a quelques fois part à cette difference de couleur; ſouvent elle vient de la maniere dont le fourneau a été chauffé & chargé.

* Pl. 11. fig. 1, 2, 3, 4.
* Fig. 5, 7.

Quand on les diviſe en fontes blanches & en fontes griſes, on ne prend pourtant que deux des termes moyens, qui expriment leurs differentes couleurs. Parmi les griſes il y en a qui ſont preſ-

que noires, & entre les blanches & les grises, il y en a de nuances variées de toutes sortes de degrés. Enfin parmi les blanches on en trouve de plusieurs blancs differents. Il y en a une sorte qui pourroit faire classe à part, on la nomme en Champagne fonte, *truitée* elle est blanche, mais parsemée de taches grises, ou noirâtres, qui imitent en quelque façon celles des Truites. *

* Fig. 6.

Les fontes blanches sont plus pures que les fontes grises, elles contiennent plus de fer; nous l'avons déja vû, & nous en donnerons encore une preuve, qui est que dans les forges, on retire plus de fer forgé d'un certain poids de fonte blanche, que du même poids de fonte grise. Il y a plus de matieres étrangeres dans les fontes grises, & surtout, probablement, plus de matiere terreuse, plus de matiere vitriffiée, de ce qu'on appelle, dans les fourneaux à mine de fer, du laitier.

La cassure des fontes blanches paroît d'une tissure compacte, on n'y voit point de grains; considerée attentivement, elle sembleroit plutôt faite de lames, mais très-pressées les unes contre les autres, & qui ne laissent point d'intervalles entre elles, comme en laissent les lames de fers forgés. Quelques fois les cassures de fontes blanches montrent des radiations, on y remarque des especes de raïons qui se dirigent à peu près vers le centre, * quelque chose d'approchant de ce qu'on voit dans certains regules d'Antimoine, mais ce ne sont pourtant pas des raïons si bien marqués. On observera

* Pl. 11, fig. 3, 4.

pourtant, & on aura besoin ailleurs de se rappeller cette remarque, que le blanc des fontes les plus blanches, n'est pas de l'espece de celui des fers à lames, ou de celui de l'acier trempé fondant; ces derniers blancs sont éclatants, & l'autre est un blanc mat. Le blanc des fontes comparé au blanc brillant de certains fers, est comme celui de l'Argent mat, comparé à celui de l'argent bruni. La cassure des fontes grises est plus spongieuse, que celle des fontes blanches, elle approche plus de celle de l'acier trempé, elle est souvent grainée, mais à grains gros, mal arondis, & mal détachés les uns des autres. Quelques-unes, & ce sont souvent celles, qui ne sont ni des plus grises, ni des plus blanches, ont un cordon, qui vient de la croute qui les enveloppe, qui est composé de grains peu differents par la couleur, & la figure de ceux d'un acier trempé. On estime assés celles-là pour en faire de l'acier.

Si on examine les unes & les autres fontes au microscope, les fontes bien blanches y paroîtront toujours d'une tissure compacte, on y pourra observer quelques lames plattes parsemées, mais beaucoup plus petites que celles de l'acier; la même loupe qui fait appercevoir celles dont sont composés les grains d'un acier trempé peu chaud, ne feroit pas appercevoir celles-cy. Les fontes grises paroissent au microscope d'un tissu tellement spongieux, que tout semble un amas d'especes de cristalisations, * ou si l'on veut des brossailles, des especes

* Fig. 5.

peces de vegetations chimiques, faites d'une infinité de branchages * entrelassés, mais composés chacun de petites lames agencées les unes sur les autres *. Si on place au foyer du microscope des grains des unes & des autres, aussi petits que les grains d'un sable extrêmement fin, ils y paroissent plus transparents que le sable le plus cristallin; leur transparence, & sur-tout la vivacité de leur couleur approche plus de la transparence & du brillant du Diamant. Malgré la vivacité de la couleur qu'ont alors les grains des differentes fontes, on distingue la couleur des grises de celle des blanches; les grises ressemblent plus à l'acier poli, & les blanches à l'argent poli.

* Fig. 8.

* Fig. 9.

Mais une remarque plus importante sur les fontes de fer, & celle qui regarde le plus l'usage que nous voulons en faire à present, c'est qu'on peut prendre pour une regle à laquelle je ne connois point d'exception, qu'elles sont d'autant plus dures, qu'elles sont plus blanches. Quand elles sont bien blanches, il n'y a lime, ni ciseau qui puissent mordre dessus. Au lieu qu'il y a des fontes grises, & sur-tout des fontes extrêmement brunes tirant sur le noir *, qui cedent à la lime; j'en ai trouvé même qui se laissoient assés bien limer, & en general je les ai toujours trouvées d'autant plus limables, que leur couleur étoit plus foncée.

* Fig. 7.

Aussi de presque tous les fourneaux à fer dont on coule la fonte en moule, soit pour des contrecœurs de cheminées, soit sur-tout pour des pots,

des marmites, des Canons, de tous ces fourneaux dis-je, on ne tire que des fontes grises; soit que les mines qu'on y fond donnent naturellement ces sortes de fontes, soit qu'on les y rende telles par les circonstances qu'on observe en les faisant fondre. L'usage ordinaire est de ne point jetter en moule les fontes blanches des grands fourneaux; ce n'est pas qu'elles n'en prissent bien la forme; mais les ouvrages de fonte, quelques grossiers qu'ils doivent rester, ont presque toujours besoin d'être un peu travaillés, après qu'ils sont sortis du moule; au moins faut-il abbatre les jets de la fonte; on ne réussit pas toujours à les casser assés près; on veut emporter les inégalités les plus considerables, les ébarber; on passe la lime, ou la rape sur la plupart des marmites; les canons demandent à être allezés. Or si ces ouvrages étoient de fonte blanche, on useroit dessus les outils sans rien operer.

Mais quoique nous aïons dit qu'il y a des fontes grises, qui se laissent limer assés passablement, il ne faut pourtant pas esperer qu'il y en ait qui pourroient être propres à faire des ouvrages qui doivent être bien finis à la lime, être ciselés & polis; la lime prend dessus, il seroit cependant presque impossible de les reparer avec les ciseaux, & les ciselets. Ces outils morderoient sur le fer fondu; le mal même est qu'ils y morderoient souvent plus qu'on ne voudroit. Le fer, le cuivre, & tout métal qu'on cisele, qu'on repare, se doit laisser couper comme le bois, ou même plus net; on en doit

de même enlever des coupeaux, qui ne ſoient préciſément que ce que l'outil a rencontré dans ſon chemin; & ce n'eſt pas de cette façon dont nos fontes griſes cedent à l'outil; elles y cedent comme feroient les parties d'une pierre de grés; elles s'égrainent; le ciſeau n'en emporte pas des lames, il en détache des grumeaux; il ne coupe aucun grain, il briſe des maſſes compoſées de pluſieurs grains. Inutilement donc entreprendroit-on d'en faire quelque choſe de fini.

Les limes réuſſiſſent un peu mieux deſſus que les ciſeaux, mais ce n'eſt pas aſſés, & s'il y avoit des endroits où la lime les uſeroit, il y en auroit d'autres ſur leſquels elle n'auroit point de priſe. Il y a de l'inégalité dans leur dureté, la fonte blanche ſe trouve quelques fois mêlée avec la fonte griſe. D'ailleurs quand on auroit ciſelé, limé, poli les ouvrages de ces fontes, jamais ils n'auroient ni la blancheur, ni le brillant du beau fer, leur couleur ſeroit toujours trop foncée & trop terne.

Enfin tout ouvrage de fer fondu fait de fonte griſe, telle qu'elle ſort du fourneau, auroit toujours le grand défaut du fer fondu, d'être exceſſivement caſſant, de ne pouvoir ſoutenir les coups de marteau, ni à froid, ni à chaud, quoiqu'il y ait une infinité de circonſtances où cela ſoit néceſſaire, pour ajuſter & attacher enſemble differentes pieces.

Pour faire des ouvrages de fer fondu qui aïent la blancheur & l'éclat des beaux ouvrages de fer

forgé, on eſt donc dans la néceſſité de les compoſer de fonte blanche: elle ſe moule parfaitement bien. Des Curieux en ont fait jetter pour en compoſer des medailles, des deſſus de tabatieres, & d'autres pieces délicates; & ces pieces moulées & fonduës avec adreſſe, ſont quelques fois ſorties ſi nettes du moule, & avoient ſi bien pris les traits les plus fins, qu'il n'étoit nullement néceſſaire de les reparer. C'eſt à quoi on réuſſira quand on fera les moules de ces petites pieces, avec autant de ſoin que l'on fait ceux, où le verre prend ſi exactement les empreintes des pierres gravées. Mais inutilement tenteroit-on quelque choſe de pareil en grand, on n'y parviendroit pas. Quelque parfaite qu'une grande piece fût ſortie du moule, il reſteroit à couper ſes jets, à l'ébarber, & encore à la rendre moins caſſante. Mais au moins ſçavons-nous que la fonte blanche peut ſe mouler très bien, quoiqu'on ne la moule pas ordinairement.

Il eſt aiſé d'avoir de la fonte blanche, & toute auſſi blanche qu'on voudra, il eſt bon de le ſçavoir, & d'où cela dépend, parce que c'eſt cette fonte que nous emploïerons dans la ſuite; il y en a qui le ſont à un tel point, que ce n'eſt pas exagerer que de dire que leurs caſſures ne le cedent guere en couleur à l'argent. Les fontes griſes, & même les fontes les plus griſes ſe peuvent changer en cette belle fonte; & cela ſans beaucoup d'art. La fonte blanche eſt de la fonte naturellement plus affinée, de la fonte qui, comme nous avons dit, a naturel-

lement plus de parties métalliques, & moins de parties étrangeres; & en general, comme nous l'avons encore vû ailleurs en passant, pour affiner la fonte, on n'a qu'à la refondre. De sorte que ces expressions, affiner la fonte, ou la rendre plus blanche, peuvent être prises pour synonimes, plus on en réïtere les fusions, plus elle est affinée. On changera donc quand on voudra les fontes les plus grises, & même les noires en fontes blanches, & cela en les refondant. La fonte qui est sortie blanche du fourneau où la mine a été jettée, le devient donc davantage, & le devient assés, si elle est fonduë une seconde fois. Les fontes qui ne sont que grises, qui ne sont pas noirâtres, se changent même en fontes assés blanches par une seconde fusion; mais les fontes noires demanderoient à être refonduës plus d'une fois.

Ce qu'on fait par des fusions réïterées, on le peut pourtant en tenant la fonte refonduë plus long-temps en bain, plus long-temps liquide, & en retirant de fois à autres toute la crasse qui la surnage. Mais toujours faut-il mettre parfaitement en fusion la fonte qu'on veut affiner, lui donner tout le degré de liquidité qu'elle peut prendre.

Pour raccommoder les fourneaux à mine, on est obligé chaque année de cesser pendant quelque temps de les tenir en feu. La premiere fois qu'on y rallume le feu, après la premiere fusion qui y a été faite, on ne retire que des fontes grises ou brunes, des mêmes mines qui en donneront par

la suite de blanches. Et cela probablement, parce que quand la mine s'est fonduë la premiere fois, le fourneau n'avoit pas acquis le degré de chaleur où il parviendra dans la suite. Cette raison seule pourroit suffire, une autre pourtant y contribuë, mais dont l'examen nous meneroit trop loin, c'est qu'avant de fondre la mine, on a jetté une plus grande quantité de charbon, proportionnellement à la quantité de mine; or c'est un principe, parmi les fondeurs de mine, que plus on met de charbon, par rapport à la même quantité de mine, & plus on rend la fonte grise.

Mais rien ne contribuë davantage à affiner la fonte, à la rendre blanche, que de la couler après qu'elle a été fonduë, & sur-tout de la couler très-mince. J'en ai eu la preuve, en observant bien des fois un fait qui d'abord m'a paru singulier. Après avoir fait refondre des fontes grises, & les avoir fait couler en des moules, où elles devoient prendre certaines figures, quand quelque accident a empêché la piece de bien venir dans le moule, il m'est arrivé de casser cette piece, or voici l'observation dont je veux parler. Dans la même piece je trouvois de la fonte de differente couleur, dans quelques endroits elle étoit presqu'aussi grise, que quand elle avoit été jettée dans le fourneau, & dans d'autres elle étoit très-blanche: mais la remarque que j'ai faite, c'est que les endroits, où elle étoit grise, étoient communément les plus épais. Si on casse les jets d'une fonte mediocre-

ment affinée où il soit resté de la fonte grise *, les bords, & sur-tout près des endroits où les jets sont le moins épais, seront blancs On donne le nom de jets à la matiere qui a rempli les conduits, par-où a passé celle qui a rempli le moule, souvent j'ai vû que tous les jets étoient blancs, la surface & tout ce qui en approchoit étoit blanc aussi, tous les feüillages ou autres ornements minces l'étoient de même, mais ce qui étoit épais étoit gris. Enfin il m'a paru constant que la fonte coulée mince devenoit blanche. Il y a pourtant quelquefois des endroits d'égale épaisseur, dont les uns seront blancs, & les autres gris, la fonte blanche s'est rassemblée d'un côté, & la fonte grise de l'autre *.

* Pl. 11. fig. 10.

* Fig. 11.

Pour rendre raison de ce fait, & pour prouver en même temps qu'en rendant la fonte plus blanche, on l'affine ; nous rapporterons un procedé, dont nous avons touché quelque chose dans le memoire 9e. de l'art de convertir le fer forgé en acier. Pour affiner la fonte dont on veut faire de l'acier, l'usage de quelques Provinces du Roïaume, comme du Nivernois, est de mettre une certaine quantité de fonte en fusion, deux ou trois cens livres. Quand elle est fonduë on débouche le bas du fourneau, on lui donne écoulement, elle se moule grossierement sur la terre même, où elle forme une plaque de figure irreguliere, & épaisse d'un pouce & demi, ou deux pouces. Quand cette fonte est refroidie, on la trouve couverte d'une couche de matiere étrangere, & qui s'en sépare ai-

ſément ; la plaque de fonte eſt couverte d'une plaque plus mince de matiere noirâtre & vitriffiée ; cette matiere noirâtre eſt une eſpece de machefer, appellé laitier, c'eſt une terre vitriffiée, mêlée avec quelques parties ferrugineuſes. Le verre eſt plus leger que le fer, quand le fer fondu a été coulé, le verre s'eſt élevé de toutes parts ſur ſa ſurface, au moins celui qui s'eſt pû élever avant que la maſſe fût refroidie ; la fonte purgée de cette partie terreuſe vitriffiée eſt plus pure, & plus blanche. Si au lieu de couler cette fonte en plaque mince, on la recevoit au ſortir du fourneau dans un creuſet, il ne faut pas compter qu'il s'en dégageât autant de matiere vitriffiée ; elle n'eſt ni legere, ni fluide à un point qui puiſſe la faire monter avec viteſſe. La maſſe de fer contenuë dans le creuſet, ne ſe trouveroit guere couverte d'une couche de laitier plus épaiſſe que la plaque mince, ou au moins elle ne ſeroit pas à beaucoup près aſſés épaiſſe pour compenſer ce dont elle eſt ſurpaſſée par l'étenduë de l'autre.

L'application de ce fait & de ce raiſonnement à nôtre fonte coulée en ouvrage, eſt ſi naturelle qu'il n'eſt pas néceſſaire d'inſiſter ſur ce qui rend blancs les jets, tout ce qui eſt proche de la ſurface, tout ce qui eſt mince, pendant que les endroits épais reſtent gris. On voit par-là de reſte pourquoi toute fonte coulée mince s'affine, ſe blanchit d'avantage, que lorſqu'on l'a coulée épaiſſe. il ne faut pourtant pas croire, que pour verifier abſolument ce raiſonnement, on doive trouver dans

dans les moules une couche de matiere vitriffiée. Si la couche qui couvre une piece épaiſſe de pluſieurs pouces, n'a que quelques lignes, celle qui couvrira une piece qui n'a que quelques lignes, n'aura que quelques parties de lignes; à peine ſuffira-t-elle pour baigner les grains de ſable ou de terre qui forment le moule, & pour remplir leurs interſtices. Peut-être auſſi qu'il y a des parties, plus volatiles que la matiere terreuſe, qui ſe dégagent de la fonte mince, & de toute la ſurface de la fonte; qu'il s'en échappe par exemple des ſoufres & des ſels, ſoit qu'ils abandonnent ce métal, ou qu'une portion paſſe des parties métalliques dans les intervalles qu'elles laiſſent entr'elles.

La fonte blanche & la fonte griſe ſe trouvent pourtant mêlées quelques fois avec irregularité dans la même piece, & cela arrivera ſurtout, lorſque toute la matiere n'aura pas été miſe en fuſion bien également, & bien parfaitement; ce qui a été fondu à un certain point ſera blanc, pendant que le reſte ſera demeuré gris. La fonte encore griſe peut être mêlée groſſierement avec la blanche, par l'agitation qu'on donne au creuſet, par les boüillonnements de la matiere mieux fonduë, & par diverſes autres cauſes pareilles.

Enfin plus on tiendra de la fonte en fuſion, & mieux les craſſes, les matieres purement terreſtres monteront à ſa ſurface; on donnera à cette fonte encore plus de facilité de s'en purger, ſi on enleve les craſſes dès qu'elles la ſurnageront; avec ces at-

tentions on rendra la fonte auſſi blanche qu'on la puiſſe deſirer.

Au reſte ſi pour affiner de la fonte griſe, on la fait fondre dans des creuſets, comme nous l'expliquerons dans le memoire ſuivant, on ne trouvera pas qu'elle ait perdu beaucoup de ſon poids, pour paſſer du gris,ou brun,au blanc. J'ai peſé neuf livres de fonte très-brune, je l'ai fait fondre dans un creuſet, & jetter en moule. Elle étoit devenuë très-blanche: l'aïant peſée en ce ſecond état, j'ai trouvé moins de 10. onces de diminution, ce qui n'eſt pas une 14e. partie de ſon premier poids. Ce 14e. même ne doit pas être regardé comme venant uniquement des matieres terreuſes, ou autres matieres étrangeres, car quantité de parcelles de fer reſtent mêlées avec les craſſes qu'on enleve.

Nous voyons donc aſſés que les fontes blanches ſont plus affinées que les griſes; & en general de quoi il eſt queſtion pour avoir des fontes auſſi blanches qu'on les voudra. C'eſt une des choſes néceſſaires à la perfection de l'art que nous cherchons, & dont il falloit parler; mais ce n'eſt point du tout en quoi conſiſte la difficulté qui a arrêté; c'eſt de faire en ſorte que cette fonte coulée en moule, que les ouvrages de fer fondu ſe laiſſent travailler, limer, ciſeler, reparer, &c. En un mot il s'agit de rendre la fonte blanche, traitable; il s'agit de lui ôter de ſa dureté, de ſa roideur, il s'agit de l'adoucir. L'art de faire des ouvrages finis de fer fondu, n'eſt donc preciſément que l'art d'adoucir le fer fondu.

On peut concevoir deux manieres d'adoucir le fer fondu, ſçavoir; 1°. Ou de l'adoucir pendant qu'il eſt en fuſion, de le rendre tel que les ouvrages qui en ſeront faits, ſe laiſſent reparer. 2°. Ou on peut couler du fer fondu très-affiné, le mouler en ouvrages qui auront toute la dureté, & la roideur naturelles à ce fer, mais qu'on adoucira enſuite, & rendra traitables. Il eſt indifferent dans lequel des deux états on l'adouciſſe, pourvû qu'on le rende propre à nos uſages; enfin le ſecret de l'adoucir à ce point, eſt ce qui nous manquoit.

Si on s'en rapporte à la tradition des Ouvriers, c'eſt un ſecret qui a été perdu & trouvé pluſieurs fois. Tout ce que nous voïons de grand, & de ſurprenant en fer, comme ſont les ferrures des portes de Nôtre-Dame, ils veulent que ce ſoient des ouvrages de fer fondu. Ce qui eſt de plus certain, & d'aſſés recent, c'eſt qu'un Particulier a eu en France quelque choſe de fort approchant du veritable ſecret d'adoucir le fer fondu, qui a été jetté en moule. Il entreprit même d'en faire des établiſſements à Cône, & à Paris dans le Fauxbourg Saint Marceau, il y a vingt ans ou environ. Il raſſembla une compagnie qui devoit fournir aux frais, & qui fit même, à ce qu'on m'a dit, des avances conſiderables; elle fit exécuter quelques beaux modelles, qui furent enſuite jettés en fer. Il y eut divers ouvrages de fer fondu adoucis; cependant l'entrepriſe échoüa, & l'Entrepreneur diſ-

parut, sans qu'on ait sçû en aucune façon ce qu'il est devenu. Il avoit apparemment commencé trop legerement, avant d'être assés sûr de son secret, avant de l'avoir porté au degré de perfection nécessaire. J'ai vû des ouvrages venus de cette manufacture passablement adoucis; mais ceux qui ont eu quelques connoissances de ces établissements, m'ont assûré que le hasard avoit trop de part au succés: quelquefois, après avoir consumé bien du bois, on retrouvoit aux ouvrages toute leur premiere dureté; plus souvent les ouvrages n'étoient ramollis que par parties, il y restoit des endroits durs, intraitables, qui obligeoient à abandonner le reste: souvent enfin les ouvrages sortoient du fourneau défigurés par les écailles qui s'en détachoient. J'ai rencontré toutes ces difficultés en mon chemin, elles ne sont pas moins capables, que le fond du secret même, d'arrêter ceux qui ne se conduisent pas par principes.

Quelqu'imparfait que fût ce secret, j'en ai long-temps regretté la perte, l'Entrepreneur l'avoit emporté avec lui; la description que j'ai faite de tous les arts qui mettent le fer en œuvre, les souhaits que j'avois tant de fois entendu faire pour ce secret, m'avoient convaincu de reste de l'importance dont il devoit être. C'est déja une grande avance que de sçavoir que ce qu'on a besoin de trouver n'est pas absolument impossible. Je l'ai donc cherché, ce secret, comme une des choses que j'ai crû devoir être des plus utiles, j'espere que l'on

en tirera les avantages que je m'en étois promis, que bientôt il n'y aura plus rien à craindre qu'il coure risque de se perdre; & qu'on travaillera à le perfectionner, en même temps qu'on travaillera à en faire usage.

La maniere d'adoucir le fer fondu que nous voulons apprendre aujourd'hui, est celle de l'adoucir, lorsqu'il a été moulé sous une forme qu'on veut qu'il conserve toujours. J'ai fait aussi quantité d'expériences pour parvenir à l'adoucir dans le temps même qu'il est en fusion; je pourrai ailleurs en rapporter quelques-unes, qui ne paroissent pas devoir faire esperer autant, à beaucoup prés, de cette façon d'adoucir que de l'autre, qui semblent même faire croire, qu'il y a peu à en attendre. Après tout que nous importe de pouvoir rendre le fer fondu doux dans deux états differents, pourvû que nous aïons une façon de l'adoucir très-commode, & à très-bon marché.



Explication de l'onzieme planche.

Elle represente des caſſures de diverſes eſpeces de fonte de fer, ou de fer fondu.

La fig. 1. fait voir la caſſure d'une eſpece de fonte blanche, mais qui a quelques inégalités ſur ſa ſurface.

La fig. 2. eſt la caſſure d'une autre fonte blanche, telle que ſont ordinairement celles des fontes affinées une ſeconde fois.

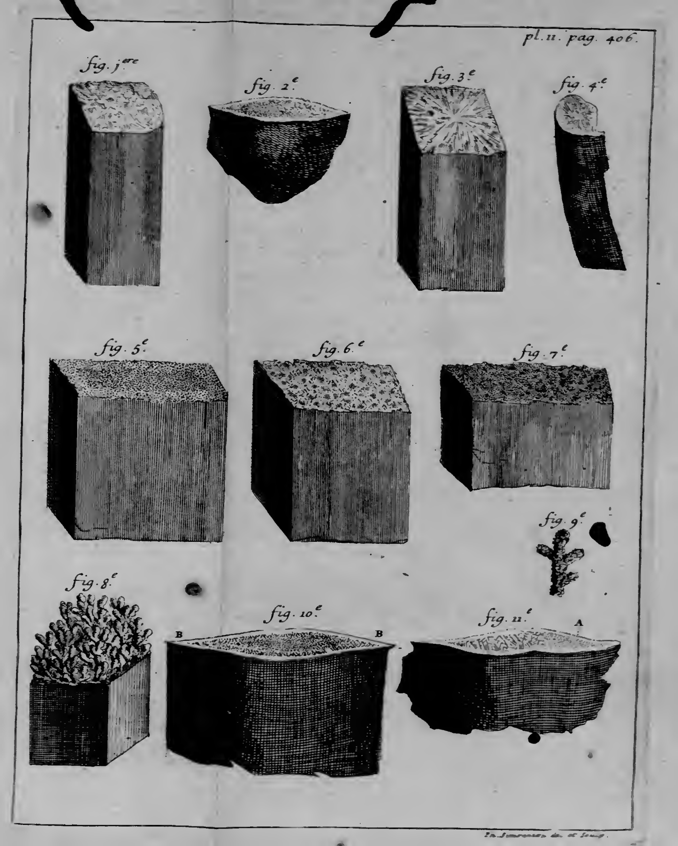
La fig. 3. eſt la caſſure d'une autre fonte blanche, qui ſemble en quelque ſorte radiée. Le plus ſouvent ces eſpeces de raïons, qui tendent au centre, ne ſont pas auſſi bien marqués qu'ils le ſont ici.

La fig. 4. eſt encore la caſſure d'une fonte blanche, où l'on peut remarquer des eſpeces de raïons dirigés vers le centre, mais bien plus foibles que dans la figure 3.

La fig. 5. eſt la caſſure d'une fonte griſe, qui approche aſſés de celle d'un acier groſſier qui auroit été trempé; à cela prés que ſa couleur eſt beaucoup plus brune, & que les grains ſont plus gros.

La fig. 6. eſt la caſſure d'une de ces fontes qu'on appelle truitée*; le fond eſt blanc, & ſe trouve parſemé d'eſpeces de petites étoiles.*

La fig. 7. eſt la caſſure d'une fonte trés-brune, preſque noire: outre qu'elle differe de celle de la figure 5. par ſa couleur, elle en differe encore en ce qu'elle eſt moins bien grainée, elle a des grains moins diſtincts, & eſt parſemée de lames.


fig. 1ere
fig. 2e
fig. 3e
fig. 4e
fig. 5e
fig. 6e
fig. 7e
fig. 8e
fig. 9e
fig. 10e
B
B
fig. 11e
A

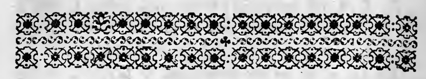
La fig. 8. est une petite portion de la figure 5. prise à un de ses angles, representée grossie par le microscope. elle paroît composée d'une infinité de branchages.

La fig. 9. est un des branchages de la fig. 8. dessiné separément, pour faire observer que chaque branchage ne semble formé que de petites lames posées les unes sur les autres.

La fig. 10. est la cassure d'un jet de fonte, qui a été coulée dans un moule. Cette fonte n'avoit pas été parfaitement affinée; elle n'est bien blanche qu'auprès des bouts minces BB, *&* *autour de la circonference; tout le milieu est resté gris.*

La fig. 11. est la cassure d'un autre jet de fonte affinée, où il est resté un peu de fonte grise, mais moins que dans la fig. précedente. A *est ce qui est resté de fonte grise.*





SECOND MEMOIRE,

Sur les differentes manieres de fondre le Fer, sur des attentions qu'il faut avoir pour jetter le Fer fondu en moule, & pour tirer les Ouvrages des moules.

L'ART de faire des ouvrages de fer fondu aussi finis que ceux de fer forgé, demande d'abord qu'on fonde ce métal, & qu'on le jette en moule : il faut ensuite adoucir les ouvrages qui sont sortis des moules, les mettre en état de ceder aux outils, les adoucir ; & enfin il reste à les reparer. Ce dernier travail appartient aux Ciseleurs, qui s'exerceront sur le fer, comme ils s'exercent sur le Cuivre, l'Or & l'Argent, dès que leurs instruments auront prise sur ce métal, comme ils l'ont sur les autres. Ce qui nous regarde ici n'est que d'adoucir le fer fondu, assés d'Ouvriers sçauront achever le reste. Nous pouvons donc de même nous dispenser d'entrer dans le détail de l'art de jetter le fer en moule; s'y engager ce seroit se mettre dans la nécessité de décrire en entier l'art du Fondeur, assés vaste pour demander seul un long traité. Si nous ne voulions rien laisser

laiſſer en arriere, nous aurions à expliquer comment on fait les modelles, de quelles matieres on les fait ; comment on fait les moules, ſoit en terre, ſoit en ſable, ſoit en cire ; pourquoi certains ouvrages veulent être moulés en ſable, d'autres veulent être moûlés en terre, & pourquoi d'autres demandent la cire ; comment il faut faire ſecher les differents moules ; les differentes manieres de mouler des pieces de figures differentes, comment on fait les noyaux, comment on rapporte les parties qui ne ſont pas en dépoüille ; enfin nous viendrions aux differentes manieres dont on fond le fer, & aux attentions particulieres que ce métal peut demander pour être coulé en moule. C'eſt ſeulement de cette derniere partie de l'art du Fondeur, dont nous voulons dire ici quelque choſe, & cela afin que ceux, qui auront à faire faire des ouvrages de fer fondu, ſçachent comment il faut s'y prendre, ce qu'ils pourront exécuter par eux-mêmes, & à qui ils doivent s'adreſſer pour le reſte.

Toutes les manieres de fondre le fer, ſe reduiſent à deux manieres generales ; ſçavoir, ou de le fondre dans des creuſets, où il n'eſt rendu fluide que par la chaleur qui paſſe au-travers de leurs parois ; ou de le fondre en le tenant immediatement expoſé à l'action du feu, en le tenant au milieu de la flamme & des charbons. Mais il y a pluſieurs moyens de mettre ce métal en fuſion, ſoit pendant qu'il eſt renfermé dans des creuſets,

ſoit pendant qu'il eſt placé immediatement au milieu des charbons allumés.

Les Fondeurs ordinaires en cuivre, ceux dont nous avons déja parlé pluſieurs fois, & dont nous avons fait repreſenter le fourneau *pl.* 2. fondent le fer comme le cuivre, dans de ſemblables creuſets, & dans le même fourneau *. Le fer y eſt un peu plus long-temps à y être mis en fuſion, mais cela ne va pas à une difference de temps aſſés conſiderable pour encherir la façon; il eſt rendu liquide d'autant plus vîte, qu'il a été concaſſé en plus petits morceaux; on y en peut pourtant fondre de très gros; & on peut ſe ſervir de creuſets qui contiendront chacun juſqu'à trente ou quarante livres de métal fondu.

* Pl. 12. *c*.

Le fourneau ordinaire des Fondeurs n'occupe pas une grande place, mais il eſt bâti à demeure; on en peut faire de plus petits, ou d'auſſi grands, très-portatifs, qui paroîtront commodes en bien des circonſtances. J'en ai actuellement un de cette derniere eſpece * à ma maiſon de campagne, je le fais quelquefois mettre au milieu des jardins: au lieu que le fourneau ordinaire eſt fait de quantité de briques arrangées les unes ſur les autres, celui-ci n'eſt bâti que de quatre à cinq pieces qui, poſées les unes ſur les autres, le compoſent en entier *. Qu'on conçoive le fourneau ordinaire coupé à differentes hauteurs, diviſé par des plans paralleles en differentes tranches; chacune de nos pieces eſt une de ces tranches, mais qui n'eſt point

* Pl. 12. *f*, & A.

* D, E, F, G, H, I.

composée d'un assemblage de differentes briques : elle est faite de terre à creusets, & il n'y a pas grande façon à la faire ; tout se reduit à former quarrément un bloc de terre * de l'épaisseur que la piece doit avoir, & qui ait extérieurement la largeur qui convient au fourneau ; on percera ensuite, au milieu de cette piece de terre, un trou quarré du diamêtre que demande l'intérieur du fourneau. Plusieurs pieces semblables, ajustées les unes sur les autres, composeront le fourneau entier : une seule sera differente des autres, c'est celle qui en fera la base, qui formera le cendrier *. On laissera à celle-ci un rebord tout-au-tour, excepté dans les angles : ce rebord est destiné à porter la plaque de fer sur laquelle on pose le creuset. Pour faire usage de ce fourneau, on aura un tuyau recoudé qui recevra le vent du souflet d'une forge, & qui le conduira à l'ordinaire sous la plaque de fer de ce fourneau. Si outre le forneau portatif, on a une forge portative, une forge roulante *, on pourra transporter son fourneau où l'on souhaitera. Plus les pieces dont ce fourneau sera fait seront minces, & plus aisé il sera à transporter. Chaque fois qu'on le changera de place, on lutera toutes les jointures avec une terre sablonneuse.

* L.

* E.

* i, k.

Si on ne veut fondre du fer que pour des experiences, ou pour en jetter en moule de petites pieces, une forge ordinaire est un fourneau suffisant ; en moins d'une demie heure, on y pourra rendre très-fluide une livre ou deux de ce métal,

il n'eſt queſtion que de pouſſer le vent du ſouflet, & d'être attentif à tenir le creuſet bien entouré de charbons. Je me ſers encore dans cette occaſion de creuſets cylindriques par préference; j'en prends toujours un plus grand qu'il ne le faut pour contenir la quantité de métal que j'y veux mettre en fuſion ; & cela parce que je le couche dans la forge, environ ſous un angle de 45. degrés, ou davantage, le plus & le moins ne font rien ici. Ainſi couché il eſt moins expoſé à être renverſé ; on peut plus aiſément mettre le fer dedans, on voit mieux le point où en eſt le fer qui eſt dans le creuſet, s'il eſt liquide, s'il l'eſt ſuffiſamment ; d'ailleurs le creuſet en eſt plus aiſé à retourner.

Cette maniere de fondre, toute ſimple qu'elle eſt, eſt très bonne quand on aura envie de jetter en moule de petites pieces remplies de traits fins; & cela parce qu'on rend la fonte parfaitement liquide, & par conſequent en état de bien remplir les plus petits vuides du moule. Quoiqu'on ait recours à des fourneaux, où la chaleur eſt plus violente, comme on y fond auſſi, proportionnellement à leur grandeur, une plus grande quantité de fer à la fois, on ne l'y met pas dans une fuſion auſſi parfaite, auſſi égale. Toute la matiere contenuë dans un grand creuſet n'eſt pas également expoſée à la chaleur : cette matiere, dans le temps même qu'elle eſt fonduë, peut être comparée à une barre de fer qu'on a fait rougir au milieu du feu, dont le centre a toujours pris un

degré de chaleur inferieur à celui qu'ont pris les couches les plus proches de la surface. Cette inégalité de chaleur dans differents endroits de la même fonte, semble assés prouvée par une seule observation ; sçavoir, que de la fonte refroidie dans un creuset, une partie se trouve blanche, pendant que l'autre est grise : or nous avons vû que mieux la fonte a été fonduë, & plus elle devient blanche, celle qui est restée plus grise, a donc été moins bien fonduë que l'autre.

On peut fondre à la forge une plus grande quantité de fer à la fois, si on y met un plus grand creuset, & qu'on l'entoure d'un serre-feu, qui retiendra les charbons. J'en ai fait faire un pour cet usage qui vaut presqu'un fourneau * : la consommation du charbon y est pourtant un peu plus grande proportionnellement à l'effet produit, que dans le fourneau du Fondeur.

* Pl. 12. M.

Avant de jetter la fonte, le fer fondu, dans le creuset, on pourra la faire chauffer blanche ou rouge sur les charbons, ce sera toujours autant d'avance. Dès que le creuset contiendra une certaine quantité de fer en fusion, on aura attention de n'y point remettre de nouvelle fonte qu'elle n'ait été chauffée, autrement elle refroidiroit trop celle qui est en bain.

Les differentes façons dont on peut fondre le fer dans des creusets se reduisent aux précedentes ; il nous reste à parler des manieres de le fondre, en l'exposant immediatement à l'action du feu.

Je ne ſçai ſi on y rèuſſiroit dans des fourneaux de reverbere, ſemblables à ceux où l'on fond le cuivre en grand, comme pour jetter en moule des canons & des cloches; je n'en ai point fait d'expérience, mais des perſonnes intelligentes, & à qui l'uſage de ces fourneaux eſt familier, ſont dans le ſentiment que leur chaleur n'auroit pas la force de mettre le fer en bain: quoique cela ſoit peut-être vray de ces fourneaux, dans l'état où ils ſont à preſent, comme il eſt très-poſſible d'augmenter leur activité, peut-être le ſeroit-il de l'augmenter au point néceſſaire pour faire couler le fer comme le cuivre; mais aſſés d'autres eſpeces de fourneaux peuvent ſuppléer à ceux-là: tous ceux où l'ardeur du feu eſt excitée par des ſouflets peuvent être mis en état de fondre le fer.

Puiſque le vent d'une forge ordinaire, fait fondre le fer contenu dans un creuſet, on ne doutera pas que ce même fer ne fonde encore plus vîte, s'il eſt placé immediatement au milieu des charbons de cette forge; mais comme il n'eſt pas queſtion ſeulement de le fondre, que lorſqu'il eſt fondu, il faut avoir la facilité de le couler dans les moules, une forge ordinaire à qui on ne feroit aucun changement ne ſeroit d'aucun uſage.

Nous avons parlé des affineries * où l'on affine les fontes qu'on veut changer en acier; deux ſouflets mûs par l'eau y pouſſent le vent contre la fonte de fer, ils la rendent liquide; elle tombe dans une caiſſe, ou dans une ſorte de grand creuſet, où

* Mem. 9.

elle conserve sa liquidité jusqu'à ce qu'on lui donne écoulement. Il y a de ces creusets qui contiennent plus de deux à trois cens livres de fonte : nous avons dit aussi que dans quelques Provinces du Royaume, on donne écoulement à cette fonte par le bas du creuset ; je ne crois pas qu'il fût difficile de disposer ces sortes d'affineries, ou de creusets de maniere que le métal fût conduit dans des moules préparés ; ou de maniere qu'on plaçât ces moules pour le recevoir dés qu'il sort du creuset, afin qu'il se moulât plus chaud. Je propose cette idée seulement pour ceux qui ont des forges à fer, afin qu'ils voïent si, sans grands frais, ils ne pourront pas se mettre en état de faire jetter de la fonte blanche en moule.

Des fourneaux construits sur le même principe que ceux où l'on fond les mines de fer, mais plus petits, & dont l'ardeur seroit encore plus vive, seroient très-propres à mettre en fusion une grande quantité de fer à la fois. Pour rendre leur activité plus grande que celle des fourneaux à mine, tout se reduiroit à introduire continuellement une quantité d'air plus grande, par rapport à la capacité du fourneau.

Quoique presque tous les Fondeurs en cuivre, même médiocrement habiles, soient aujourd'huy en état de fondre du fer dans leurs fourneaux, ils n'y en fondent presque point, & cela parce que des ouvrages, qu'on étoit dans la necessité de laisser tels qu'ils étoient sortis du moule, n'avoient que

des usages très-bornés. Il y a pourtant une sorte de Fondeurs qui fondent journellement du fer, & qui ne fondent point d'autre métal; leur nombre n'est pas grand, je ne sçache pas qu'il y en ait eu à Paris plus de deux ou trois à la fois, & je crois qu'à present il n'y en reste qu'un. Il y a de ces Fondeurs qui courent la campagne, ils paroissent successivement en differentes Provinces; ils font des poids de fer, des plaques destinées à certains usages; ils moulent quelquefois des marmites, & quelquefois les raccommodent; si une marmite de fonte a un pied cassé, ils coulent un nouveau pied de fonte en la place de celui-là. Comme cette maniere de fondre le fer est moins commune, & moins connuë, & qu'elle pourra être de grand usage dans la suite, nous nous sommes sur-tout proposés dans ce memoire de la décrire precisément comme elle est pratiquée aujourd'huy, afin qu'on s'en serve dans l'état où elle est, ou qu'on travaille à la perfectionner.

La fonte de fer n'est pas fort chere, cependant pour l'avoir encore a meilleur marché, il y a des gens qui parcourent les Villages pour en acheter les vieux fragments, qu'ils vendent ensuite à nos Fondeurs. Dans la campagne ces sortes de marchés ne se font guere avec la monnoye courante, aux environs de Paris on achete toutes ces vielles ferailles pour des pommes: un homme la balance à la main conduit un cheval chargé d'assés mauvais fruits, & donne aussi pesant de ces pommes, qu'on

qu'on lui donne pesant de fer. Le commerce des vieux chiffons, si nécessaires pour le papier, se fait aussi avec sa monnoye particuliere, en échange les Chiffonniers donnent des épingles aux Païsannes. Dans Paris on trouvera pour du temps provision faite de fonte de fer, les vieilles marmites, les contrecœurs de cheminée cassés, & sur-tout les tuyaux de conduite d'eau en fourniront beaucoup. Je ne l'ai point vû acheter plus d'un sol la livre, & quelquefois on l'a pour moins de deux liards; peut-être rencherira-t-elle, lorsqu'on sçaura qu'elle sera d'usage, au lieu qu'elle étoit presqu'inutile; mais il sera toujours aisé de s'en fournir à bon marché dans les fourneaux où l'on fond la mine: là on la fera mouler en plaques minces, plus aisées à être concassées en petits morceaux, que ne le sont les gueuses ordinaires.

Mais pour revenir au fourneau, dont nous voulons parler à present*, il est assés semblable en petit à celui où nous venons de dire que se fait la fonte des mines, mais pourtant different de ceux que nous avons proposé en passant de construire sur ce modelle; tant en ce que celui de nos Fondeurs est encore plus petit que ce nouveau fourneau ne le devroit être, qu'en ce que nous voulons que l'autre soit stable, au lieu que celui que nous allons décrire se détruit, ou au moins se renverse chaque fois qu'on coule le métal liquide, & qu'on le rebâtit de nouveau chaque fois qu'on veut fondre. Il est composé de deux pieces, d'une

* Pl. 13. a. b.

* Pl. 13. AA, BB.

* F, G, H, I.

ſorte de creuſet *, & d'une tour en forme de cone tronqué *, qu'on poſe ſur ce creuſet. Nous décrirons d'abord ces deux parties, & toutes les autres, faites auſſi ſimplement qu'elles le ſont chés nos Fondeurs, nous dirons enſuite comment on les peut faire plus ſolides, les mieux aſſembler; il eſt bon de connoître ce qui peut s'exécuter à moins de frais, il y a des circonſtances où le ſolide importe peu.

* A, B, B, A. & L, M, M, L.

Le creuſet eſt appellé *poche* par les Ouvriers, & leur maniere de fondre s'appelle *fondre à la poche*, il eſt composé en partie d'un vieux pot, ou d'un vieux chaudron de fer fondu, ſelon qu'on le veut plus grand ou plus petit *, ou plutôt ce vieux pot, ou ce vieux chaudron ſervent à maintenir le creuſet qui eſt fait d'une couche de terre ſablonneuſe, épaiſſe d'environ un pouce & demi; elle reveſt interieurement le vaſe dont nous parlons. Pour le ſolide, & c'eſt ainſi que je l'ai fait pratiquer, cet enduit doit être des mêmes terres, dont on fait les creuſets, & preparées de la même façon : car s'il eſt d'une terre trop fondante, il y a trop ſouvent à y retoucher. La terre peut s'élever au-deſſus des bords du vaſe qui la ſoutient *, alors elle a ſeule, quelque part, une échancrure en demi cercle *, qui recevra en partie la tuyere dans laquelle les ſoufflets doivent pouſſer le vent; cette échancrure pourroit être dans le bord même du vaſe.

* B, C.

* D.

* E, G, H, I.

La ſeconde partie du fourneau *, la tour conique, eſt faite pour être placée ſur le creuſet; ſa baſe poſe ſur ce creuſet, par conſequent ſon diamêtre

eſt déterminé à peu près par celui du creuſet qu'on a choiſi : exterieurement elle eſt auſſi de fer fondu, nos Ouvriers la forment ſouvent de pluſieurs marmites ſans fond, ajuſtées les unes ſur les autres, mais il eſt plus commode de la faire de tole. On lui donne environ 15. à 16. pouces de hauteur, mais on ne doit pas craindre de l'élever davantage; interieurement elle eſt revêtuë de terre pareille à celle du creuſet, & de façon que l'ouverture du haut reſte un peu plus étroite que celle du bas. Nous ne donnons aucunes meſures préciſes, parce qu'on peut extrêmement les varier toutes; mais ſi on veut faire uſage de ces fourneaux, tels qu'il y en a actuellement de conſtruits, les deſſeins en donneront les dimenſions, ſur leſquelles on pourra ſe regler.

N'oublions pas de remarquer que la tour a une échancrure ſemblable à celle de la poche ou du creuſet, au-deſſus de laquelle elle ſe poſe directement, les deux enſemble forment l'ouverture qui reçoit la tuyere *.

* O.

L'aſſemblage de ces deux pieces compoſe le fourneau en entier, on y excite l'ardeur du feu par le moyen de deux ſouflets; ils occupent chacun un Ouvrier *. La force peut être appliquée ſur ces ſouflets d'une maniere plus avantageuſe, qu'elle ne l'eſt dans le deſſein que nous avons fait graver; mais nous l'avons déja dit, & nous le repetons, que nous nous ſommes fait une loy de décrire d'abord ce qui eſt actuellement pratiqué. D'ail-

* Fig. 1, 2.

leurs ce ſont-là des choſes qui ne ſont nullement particulieres à nôtre art, & ſur leſquelles l'induſtrie peut s'exercer. Ici les ſouflets ſont placés d'une maniere ſtable, la poſition du fourneau eſt déterminée par la leur ; mais ce qui eſt plus eſſentiel, c'eſt qu'ils doivent être inclinés, & de façon qu'ils dirigent le vent vers le fond du creuſet, non pas préciſément au milieu du fond, mais au moins tout au bas de la parois qui eſt oppoſée à la tuyere.

Le terrain qui eſt au-deſſous des bouts, ou en terme de l'art au-deſſous des bures, des ſouflets, ce terrain, & même un peu par-delà eſt plus creux, que celui du reſte de l'attelier. Ce creux eſt rempli de cette eſpece de poudre de charbon, qu'on trouve toujours au fond des tas qu'on a fait de charbons, de ce qu'on appelle du fraiſil, & des craſſes qui ſe tirent de deſſus le fer, qui ont été concaſſées ; c'eſt au milieu de ce tas de poudre qu'on place la poche ou le creuſet. Il eſt aiſé d'y faire ſur le champ un trou pour le recevoir, on creuſe dans ce fraiſil auſſi aiſément que dans le ſable.

Mais nous avons à faire remarquer qu'on ne met pas le creuſet immediatement dans le fond du trou. Ce creuſet recevra bientôt la matiere fonduë ; quand il en ſera plein, il faudra le porter ſur les moules, où elle doit être coulée ; pour avoir la facilité de l'enlever dans la ſuite, on le poſe dans une eſpece de cuillier à jour, dont le cuillieron eſt compoſé de differentes bandes de fer * ; elle a un manche long de pluſieurs pieds, & de plus une

* T, V, X, Y, & 1, 2.

anse à peu près semblable à celle des chaudrons.

Il n'est pas temps encore de voir l'usage de l'anse & du manche, pour le present imaginons seulement cette cuillier enfoncée dans la poudre, dans le fraisil, & le creuset, ou la poche, posé dans la cuillier ; & cela à une distance des souflets telle, que leurs bouts entrent d'environ un demi pouce dans l'échancrure que nous avons destinée à recevoir la tuyere; nous supposerons aussi que la tuyere a été mise dans cette place; elle est ordinairement de fer fondu, & toujours est beaucoup plus évasée par dehors, par l'ouverture qui reçoit les bouts des souflets, que par le dedans.

Posons enfin la tour sur le creuset, & enveloppons bien le creuset, & même le bas de la tour de fraisil, afin que la flamme ne puisse pas s'échaper du fourneau par les jointures de nos deux pieces; si on les a lutées avec de la terre, tout pourtant n'en sera que plus clos. Cela fait nôtre fourneau est dressé, & prêt à recevoir le feu ; on jette par son ouverture superieure quelques charbons allumés, & par-dessus ceux-ci on en jette de noirs que le vent des souflets enflamme bien vîte ; on acheve enfin de le remplir de charbon.

Quand tout le charbon est allumé, & ensuite quand en la place de celui qui est descendu, on en a eu remis de nouveau, & enfin quand on voit que le fourneau est suffisamment échauffé, on y porte la premiere charge du fer qu'on y veut fondre.

Chaque fois qu'on met du fer, il eſt toujours plein de charbon juſqu'à ſon ouverture ſuperieure, c'eſt le ſeul endroit par où on puiſſe le charger, ſoit de charbon, ſoit de métal.

Le fer eſt concaſſé en morceaux de la grandeur à peu près d'un écu, ils doivent être fondus quand ils arrivent au creuſet, & des morceaux trop gros pourroient ne l'être pas pendant qu'ils ſont ce chemin.

Quand la derniere charge de charbon s'eſt abaiſſée de deux ou trois pouces, il eſt à propos de faire entrer une verge de fer dans le fourneau, par ſon ouverture ſuperieure; en agitant cette verge, on oblige les charbons à ſe mieux arranger, à deſcendre davantage, à laiſſer moins de vuide entr'eux; mais il reſte en haut une plus grande place vuide, on la remplit d'une nouvelle charge de charbon, au deſſus de laquelle on étend une nouvelle charge de fer. Chaque charge de fer n'a d'épaiſſeur que celle des morceaux de fer, & a de largeur, ou ſurface, toute celle de l'ouverture ſuperieure du fourneau. Tant qu'on juge à propos d'entretenir le feu, de faire fondre de nouveau fer, on repete les manœuvres precedentes.

Mais pendant tout ce temps, il faut veiller à la tuyere, les bures, les bouts des ſouflets ne la rempliſent pas en entier, il reſte aſſés de place pour voir, comme par un tuyau, ce qui ſe paſſe dans le fourneau à une certaine hauteur du creuſet; on n'a pas un grand champ, il y en a pour-

tant assés pour avoir quelquefois un ſpectacle très-amuſant. On apperçoit la fonte qui, après s'être allongée, ſe détache par gouttes; de temps en temps quelque nouvelle goutte tombe dans l'eſpace qu'on peut voir; mais ce qu'on cherche à obſerver, c'eſt ſi la lumiere de la tuyere eſt bien brillante, bien blanche, ou en termes d'Ouvriers, ſi elle paroît comme une lune, expreſſion qui donne une idée fort juſte de la couleur qu'a le feu du fourneau vis-à-vis cette tuyere, quand les ſoufflets l'ont rendu auſſi vif qu'il le doit être; mais ſi la couleur paroît rougeâtre, c'eſt un mauvais ſigne. C'en eſt encore un plus mauvais, ſi la tuyere ſe barboüille, ſi on y apperçoit du noir; c'eſt qu'elle ſe bouche, & il faut être continuellement attentif à empêcher que cela n'arrive: ce qu'on fait en paſſant une petite verge de fer rouge, ou même une petite baguette de bois dans la tuyere, & cela juſqu'au dedans du fourneau; par ce moyen on emporte les matieres qui commençoient à s'attacher à ſon bout interieur, qui commençoient à le boucher, & qui peu à peu le boucheroient au point que le vent n'auroit plus aſſés de paſſage. De la matiere vitriffiée, qui ſe ſera collée contre la tuyere, un morceau de fer mal fondu qui l'aura touchée, peuvent être le cauſe de cet accident: car tout ce qui ſe trouve preciſément au bout de la tuyere ne ſe fond plus; la matiere même qui a été miſe en fuſion ſe refroidiroit, ſi elle s'élevoit juſques là; tant que le vent eſt dans la tuyere, & dans l'inſ-

tant qu'il en ſort, il eſt froid, il refroidit donc ce qu'il rencontre avant d'avoir rencontré des charbons. Si on n'étoit pas très-attentif à déboucher continuellement cette tuyere, on ſeroit ſouvent expoſé à avoir brûlé du charbon inutilement.

Enfin quand à diverſes repriſes on a eu jetté dans le fourneau tout le fer qu'on a beſoin de rendre fluide, on ſe diſpoſe à le couler dans les moules; on regarde ſi au-deſſus des charbons il ne paroît plus de morceaux de fer qui reſtent à fondre; ſi on n'y en voit point, on tâte avec une verge de fer s'il n'en reſte pas qui ne ſoient pas viſibles, & en cas qu'il s'en rencontre, on les fait deſcendre juſqu'au creuſet; on agite la matiere qu'il contient, afin d'y faire amollir celle qui y eſt deſcenduë nouvellement: lorſqu'on croit que tout eſt fondu, on ceſſe de mouvoir les ſouflets; on deterre le fourneau, on ôte tout le fraiſil, dont on l'a entouré, & on renverſe la tour.

Alors le creuſet eſt découvert, la matiere eſt prête à être coulée dans les moules; les moules ont été preparés à la recevoir: il faut ôter le creuſet de place & le porter au-deſſus de ces moules. La maniere commune d'enlever le creuſet de ſon trou, c'eſt de paſſer une barre de fer dans l'anſe de cette cuillier, dans laquelle nous l'avons vû mettre, & c'eſt ſeulement pour pouvoir retirer le creuſet avec plus de facilité, & le renverſer, qu'on a donné une anſe & un manche à cette eſpece de cuillier. On paſſe donc une barre de fer

dans

dans l'anſe, deux hommes prennent cette barre, chacun par un bout, ils portent le creuſet auprès des moules; un troiſieme Ouvrier tient le manche de la cuillier, au moyen duquel il fait pencher le creuſet, & lui fait verſer le fer fondu dans un moule.

Le Sieur Cuſin, Ouvrier induſtrieux du Fauxbourg Saint Antoine, a une maniere moins fatiguante de porter le creuſet; à quelques pieds de diſtance du fourneau, il a planté un arbre vertical de pluſieurs pouces d'équariſage *: le bout ſuperieur de cet arbre porte un levier *, dont la plus courte branche a aſſés de longueur, pour que ſon bout aille juſques vis-à-vis le fourneau. Le levier tourne librement ſur l'arbre qui le ſoutient, il eſt paſſé dans un anneau qui fait partie de la tête d'un boulon de fer. Ce boulon a près d'un pouce de diamêtre, il entre verticalement dans l'arbre, il eſt logé dans un trou, où il tourne avec facilité *. A la plus courte branche du levier tient une chaine terminée par un crochet. Quand on veut enlever le creuſet, on engage l'anſe de la cuillier dans ce crochet, & afin d'avoir moins de peine à ſoulever le tout, on a ſoin de charger l'autre branche d'un poids qu'on augmente ſelon le beſoin: de ſorte que le levier ſeul porte le creuſet. En faiſant tourner le levier, on conduit le creuſet au-deſſus des moules; on a eu attention de les diſpoſer à peu près dans la demi-circonference que parcourt le bras qui eſt chargé du creuſet:

* Pl. 13. f.

* g, g.

* 9, 10, 11.

à mesure que le creuset a été conduit au-dessus d'un moule, un homme prend le manche de la cuillier, & incline le creuset *.

* Fig. 3 & 4.

Nous ne nous arrêterons point à expliquer la construction des moules, & leurs differences, c'est un des principaux détails de l'art du Fondeur. Les moules qui sont representés, *pl.* 13. sont simplement chargés de poids, & il y a des cas où ils doivent être serrés dans une presse, comme ceux de la *pl.* 12.

Quand le creuset a été enlevé de sa premiere place, le fer fondu étoit encore couvert de charbon, & de scories fluides, sçavoir, de matiere vitrifiée, ou laitier, qui a été fournie par le fer à mesure qu'il s'est affiné, & aussi par les cendres du charbon qui ont été reduites en verre. Avec quelqu'outil, quelque barre de fer, quelqu'espece de ratissoire, on ôte d'abord les charbons; & ensuite on tâche de retirer toute la matiere vitrifiée qui surnage le fer; comme elle est fluide, il ne seroit pas aisé de l'enlever, sans enlever en même tems du fer fondu; un expédient simple en donne la facilité.

Un Ouvrier arrose d'eau la matiere du creuset, & cela avec un linge moüillé, qui est attaché au bout d'un bâton. Aussi-tôt un autre Ouvrier avec un bâton, ou avec quelqu'outil, pousse par-dessus les bords du creuset tout ce qu'il trouve avoir quelque consistance, ce n'est que la matiere vitrifiée qui en a pris; outre qu'elle est plus aisée à

refroidir que le fer, c'eſt que l'eau eſt tombée immediatement ſur elle. On continuë de même à jetter de l'eau à ſept ou huit repriſes differentes, & à retirer du creuſet toute la matiere que le bâton peut entraîner; la ſurface du fer eſt alors bien nette, bien découverte, enfin il ne reſte plus qu'à faire couler ce métal dans les moules.

Le peu d'eau dont on arroſe la ſurface du fer à diverſes repriſes, paroît contribuer à le bien affiner; comme on remuë le métal en ôtant la craſſe, le laitier qui s'eſt figé, on donne la facilité à de nouveau laitier de venir ſur la ſurface, d'où on peut toujours le retirer. On peut réïterer l'operation tant que le fer ne paroît pas perdre de ſa fluidité, mais on prendra garde que ce métal ne s'épaiſſiſſe, & ne devienne trop peu coulant.

Le fourneau que nous avons décrit eſt conſtruit très groſſierement, mais après tout il donne idée de la maniere dont il s'y faut prendre, pour faire mieux: on voit aſſés qu'on peut établir le creuſet plus ſolidement que dans une marmite de fer fondu. J'ai fait faire un bâtis de barres de fer, & rempli les intervalles que laiſſent les barres avec de bonne tole *.

* Pl. 14.

Pour la tour plus elle ſera haute, & mieux le fer s'y fondra; ſon aſſemblage ſera plus ſûr & plus ſtable, s'il eſt de tole que de fragments de marmites, toujours mal ajuſtés les uns ſur les autres. Cette enveloppe de tole n'eſt faite, que pour ſoutenir la terre dont elle eſt revêtuë interieurement:

pour que la terre s'y ſoutienne mieux, qu'il ne s'en détache jamais de grandes pieces, & afin qu'il ſoit plus facile d'en remettre en la place de celle qui ſera tombée, on lardera cette tour de clouds dont les têtes ſeront en dehors, & dont les pointes penetreront horizontalement en dedans; plus les clouds ſeront près les uns des autres, & mieux la terre ſera retenuë.

Au lieu de ces clouds on a mis en dedans d'une tour que j'ai fait faire, des verges de fer repliées par leurs deux bouts *, & qui ont toute la longueur de cette tour; elles ne ſont éloignées les unes des autres que d'un pouce: la terre ſe trouve enchaſſée entre ces verges de fer, & elle les recouvre au moins d'un pouce.

* Pl. 14. H, H 2. H 3.

Nôtre fourneau a ſon creuſet enterré. J'en ai fait conſtruire un, dans une ſituation tout-à-fait differente; le creuſet eſt en l'air, ſon fond eſt éloigné de terre de plus de 14. à 15. pouces; il eſt ſoutenu dans cet état par deux tourillons, qui ſont portés par deux montants d'un aſſemblage de bois *. Je n'expliquerai point en détail les particularités de ce fourneau, on en ſera aſſés inſtruit par la planche & ſon explication; on peut y faire des additions qui le rendront plus commode.

* Fig. 12.

Ce que je me ſuis propoſé principalement, c'eſt qu'on ne fût plus dans la néceſſité de renverſer la tour chaque fois qu'on a à couler la fonte; par cette manœuvre le fourneau ſe refroidit; il n'eſt pas aiſé de le redreſſer ſur le champ;

C

chaque fois qu'on veut fondre, on eſt donc obligé de recommencer ſur nouveaux frais, on ne profite point, ou on profite peu du charbon qui a été brûlé auparavant. Au lieu de porter le creuſet ſur les moules, dans nôtre nouvelle diſpoſition, on apporte les moules ſous le creuſet; on incline ce creuſet, on lui fait verſer ſa matiere ſans le déplacer, & ſans ôter la tour. La tour fait en quelque ſorte corps avec lui, ou ils ſont liés enſemble par des barreaux de fer auſſi ſolidement que s'ils faiſoient corps; même pour incliner le creuſet, on prend deux branches de fer attachées, ou enclavées dans un lien qui entoure le haut de la tour; un homme ſe ſaiſit d'une branche, & un autre de l'autre *, en abaiſſant le haut de la tour, ils font pencher le creuſet qui verſe la matiere dans des moules qui la reçoivent. Si les moules ſont dans une preſſe, un Ouvrier avance ou recule, incline ou redreſſe la preſſe, à meſure qu'un des moules eſt rempli, il eſt attentif à bien preſenter l'ouverture d'un autre au métal qui coule. On peut même placer les moules ſur une eſpece de petit chariot, dont un Ouvrier tiendra le timon, ce qui donne plus de facilité à les mouvoir & à les incliner de la façon qu'on trouve la plus convenable.

* Fig. 2. Pl.

Comme il n'eſt pas auſſi aiſé de verſer la matiere qui ſort de ce grand creuſet dans l'ouverture du moule, qu'il eſt aiſé de verſer celle d'un petit creuſet qu'on tient avec des tenailles; on

trouvera commode de se servir, comme je l'ai fait pratiquer, d'un petit entonnoir de terre cuite*, ou si on le veut plus durable, de fer forgé, ou de cuivre fondu. On place cet entonnoir au-dessus de l'ouverture du moule. Il est soutenu par une piece de fer*, qui au milieu forme une espece de collier assés grand pour laisser entrer l'entonnoir jusqu'à un certain point. Cette piece de fer près de ses deux bouts est repliée à equerre, & à des distances telles l'une de l'autre, qu'entre les deux parties repliées il y a precisément une distance égale à la largeur des chassis, dont le moule est formé. Ce n'est pas une dépense que d'avoir de ces pieces de toutes les grandeurs dont on a des chassis; mais avec des vis on peut mettre la même piece de fer en état de servir à des chassis de differentes grandeurs. Avant de poser l'entonnoir en place, on aura la précaution de le faire chauffer; on le placera aussi de façon qu'il reste quelque distance entre le bout de son tuyau & le trou, ou jet du moule, afin de pouvoir remplir le moule sans qu'il reste de métal dans l'entonnoir.

* X.

* Z 2.

Dans la *pl.* 14. qui represente le nouveau fourneau, il y est placé sur un bâtis de bois*, dont les quatre piliers ont des roulettes; ce que j'ai fait faire pour qu'on le pût changer de place à son gré; mais cette disposition n'est nullement nécessaire. Les piliers qui porteront le fourneau, peuvent être fixes; il peut même être soutenu d'un côté par une potence scellée dans un mur.

* a, a, b, c, d.

Au lieu d'un soufflet, qui ici est encore porté par le chassis de bois qui soutient le fourneau, on peut disposer, & de toute autre maniere, deux soufflets; l'activité du fourneau n'en sera que plus grande. On augmentera la grandeur des soufflets, & on les fera mouvoir avec plus de force, & de vitesse, selon qu'on voudra construire un fourneau capable de contenir plus de fer en bain : mais on remarquera qu'un seul soufflet mu une fois plus vîte, équivaut à deux soufflets, chacun de même grandeur que le precedent, mais mus la moitié moins vîte.

Quand le creuset est enterré, il est placé plus favorablement pour conserver sa chaleur, que lorsqu'il est au milieu de l'air; pour remedier à ce que cette derniere disposition a de désavantageux, on donnera à l'espece de boîte, à l'espece de calotte de tole * qui forme les parois exterieures du creuset, plus de profondeur & de diamêtre que le creuset ne le demanderoit; & dans celle ci on en mettra une seconde, moins profonde, & qui n'aura un diamêtre égal à celui de l'exterieure qu'auprés des bords; ce sera alors cette derniere qu'on recouvrira de terre & qui formera le vrai creuset. Il restera un vuide entre ces deux especes de calottes de tole; l'exterieure sera percée de trois ou quatre ouvertures asses grandes pour laisser entrer des charbons allumés qui rempliront le vuide, & échaufferont le fond & les parois exterieures du veritable creuset.

* P, P.

On fera quelque chose d'équivalent à la seconde calotte, en arrangeant divers morceaux de fer de façon qu'un de leurs bouts porte contre le bord superieur de la calotte de tole, & que l'autre bout de tous ces barreaux aille se réunir autour d'un même point. Ils renfermeront une espece de cone; ils formeront une espece de grille conique * qu'on enduira interieurement de la couche de terre qui doit former le creuset.

* Q Q R.

Qu'on ne cherche pas à rendre le creuset trop solide, en donnant beaucoup d'épaisseur à la couche de terre; il auroit peine à s'échauffer, la fonte qui toucheroit le fond, pourroit se figer; que son épaisseur soit d'un pouce, ou peu davantage, & elle sera suffisante.

On aura soin de réserver une ouverture tout au bas de la tour *, opposée à peu près à celle où est la tuyere; son usage fera juger de la grandeur qui lui convient. Chaque fois qu'on sera prêt à couler la fonte, on fera entrer par cette ouverture un ringard crochu, quelque espece de ratissoire avec laquelle on entraînera les charbons & surtout toutes les crasses, toute la matiere vitriffiée, qui surnagent la fonte.

* D.

Les grands fourneaux dont nous venons de donner quelque idée, sont necessaires pour jetter en moûle de ces grosses pieces dont la matiere ne sçauroit être contenuë dans les creusets qu'on peut placer dans les fourneaux ordinaires des Fondeurs: mais on réussira mieux aux petites pie-

ces, aux pieces délicates, ſi on fait fondre le fer dans les creuſets ordinaires. Ce n'eſt pas que le metal ne ſoit mis dans les grands fourneaux, en une auſſi parfaite, & même en une plus parfaite fuſion, mais il n'eſt pas auſſi aisé de le conduire dans de petits moûles. D'ailleurs le déchet du poids de la fonte eſt plus conſiderable, quand le feu agit immédiatement deſſus, que quand il n'y agit qu'au travers des parois d'un creuſet.

Pour les ouvrages groſſiers de fer fondu qu'on a faits juſques à preſent, on a deux manieres de remplir les moules de fonte. Pour faire des canons, des tuyaux de conduite d'eau, des contre-cœurs de cheminée, depuis ces eſpeces de grands moules juſques au fourneau, on diſpoſe des rigoles en pente, par où le metal coule dés qu'on a fait une ouverture au fourneau pour le laiſſer ſortir. Pour mouler des marmites, des pots, on puiſe dans le fourneau même la fonte avec une grande cuillier de fer, & on porte ſur le moule la matiere qu'on veut y faire entrer. Mais de la fonte blanche, de la fonte plus raffinée qu'on tranſporteroit ſi loin avant de la verſer dans le moule, ſeroit rarement aſsés fluide pour remplir les impreſſions qui ont laiſſé les modelles des pieces minces & délicates ; à moins qu'on n'ait attention de bien chauffer les cuilliers dans leſquelles on veut prendre la fonte liquide, & de placer les moules bien prés du fourneau.

Une des choſes à quoi on s'attachera le plus,

sera donc de rendre la fonte tres-liquide, & de lui conserver sa liquidité jusques à l'instant qu'elle entre dans les moules. Mais que ce soit par la seule ardeur du feu, qu'on la rende ainsi liquide, que pour y mieux réussir on n'y mêle point de fondants, au moins pour les ouvrages ordinaires. Ceux qui contribuent à la mieux fondre lui donnent des dispositions contraires à l'adoucissement qu'on veut lui procurer. Dans une épreuve où je faisois adoucir divers ouvrages de fer fondu, il y en avoit que j'avois placés plus favorablement qu'aucuns des autres, & que j'avois envie qui fussent les mieux adoucis: tous les autres le furent cependant parfaitement, & ceux-là seuls le furent tres-mediocrement. Je cherchai avec inquietude à demêler la cause d'un succés si contraire à mon attente, jusques à ce que le Fondeur m'eût avoué que pour mieux fondre son fer, & plus promptement, il avoit jetté du soufre dans le creuset.

Je ne prétends pas néantmoins exclure les fondants dans toutes circonstances; je pourrai donner ailleurs des observations que j'ai faites sur les cas, où on peut les employer; mais que les Fondeurs ne s'avisent pas d'en mettre dans les ouvrages ordinaires, dans ceux qu'ils ne voudront pas rendre plus difficiles à adoucir.

Les Fondeurs sçavent qu'il importe que les moules dans lesquels ils ont à couler du metal soient tres secs; c'est quelque chose de les bien secher. Mais on s'attachera encore à les tenir les

plus chauds qu'il ſera poſſible, lorſqu'ils ſeront prêts à recevoir notre fer fondu. Il eſt certain que plus ils ſeront chauds, & moins le metal s'épaiſſira en coulant dedans ; plus il ſera en état de remplir parfaitement les moules. On ne ſçauroit donc leur donner un trop grand degré de chaleur, pourvû qu'on le leur donne avec des précautions qui empêchent qu'il ne s'y faſſe interieurement des fentes ou des gerſures. Les chaſſis des moules en ſable ſont de bois, & par là peu en état d'être exposés à un grand feu ; mais je ne vois nul inconvenient à faire de pareils chaſſis de fer ; il n'en faudroit pas une grande proviſion, il ſuffiroit d'en avoir pour y mouler les pieces les plus fines, celles qui demandent au fer fondu plus de fluidité.

Aprés même que le fer fondu a été jetté dans les moules, ſouvent il exige encore l'attention du Fondeur. On ſçait qu'il eſt exrremement caſſant ; mais nous devons apprendre qu'il l'eſt au point de ſe caſſer de lui-même dans les moules, ſans recevoir aucun coup. Quand on veut retirer des pieces, qui d'ailleurs étoient bien venues, ſouvent on les trouve caſſées, preſque d'outre en outre ; quelques fois elles ont ſeulement de legeres feſlures, mais qui les affoibliſſent toujours, & les rendent pour l'ordinaire des pieces inutiles. Cet accident n'arrive guere qu'aux pieces minces, & il arrive ſur tout à celles qui ſont minces & grandes. Notre fer fondu, bien affiné, eſt preſque caſſant comme le verre, & il ſe caſſe de même ſi on le laiſſe

refroidir trop ſubitement : on doit donc chercher à prévenir cet accident par un expedient ſemblable à celui qui conſerve entiers les ouvrages de verre ; auſſitôt que ces ouvrages ſont faits, on les porte dans des fourneaux appellés *archets*. La chaleur de ces fourneaux entretient pendant quelque temps celle du verre, elle ne la laiſſe diminuer que peu à peu ; le verre ainſi refroidi peu à peu conſerve la figure qu'on lui a fait prendre. Avec une précaution équivalente, on empêchera sûrement les ouvrages de fer fondu de ſe caſſer. Dans une Manufacture on fera la dépenſe d'un four ſemblable à ceux des Boulangers & Patiſſiers *, on le chauffera comme les leurs avec le bois ; on le tiendra chaud pendant tout le temps qu'on jettera du fer en moule. Auſſitôt que la matiere y aura été jettée, on ouvrira les moules, on en retirera l'ouvrage tout rouge, & ſans perdre un inſtant, on le mettra dans le four où il ſe refroidira peu à peu.

* Pl. 12. q.

Sans faire la dépenſe de bâtir un four, j'ai conſervé les ouvrages les plus minces, les plus délicats, d'une maniere qui peut être pratiquée par tout ; ça été de faire allumer un tas de charbon, tout auprés des moules *, dès que le fer avoit été coulé, je les faiſois ouvrir, j'en retirois l'ouvrage que j'enfonçois ſur le champ dans le tas de charbon.

* Pl. 12. p.

L'avidité du Fondeur eſt ſouvent cauſe que les ouvrages minces ſe caſſent dans les moules. Quoiqu'ils n'aient que de petites pieces à mouler, ils les mettent autant en riſque de ſe caſſer, que ſi

elles étoient considerablement plus grandes, & aussi minces. Et cela parce que pour n'avoir pas la peine de préparer tant de chassis, ils les remplissent du plus grand nombre d'empreintes qu'il est possible, qui toutes se communiquent. Ces empreintes de differents ouvrages, ou du même ouvrage repeté, mettent chaque ouvrage presque dans le risque où il seroit s'il avoit une grandeur approchante de celle du chassis ; & plus que s'il avoit seul celle de toutes les autres pieces ensemble. En voici la raison, par une seule & même ouverture du chassis * Ils coulent la matiere qui doit remplir les differentes empreintes; par consequent toutes les pieces qui ont été moulées se communiquent par des tuyaux, par des especes de canaux, des jets *. Ces jets se remplissent, comme le reste, de matiere qui s'y fige, toutes les pieces du moule se trouvent liées ensemble, ou n'en faire qu'une qui a des découpures*. Or il est aisé de voir pourquoi une piece plus elle est grande, plus elle est exposée à se casser. Car elle ne se casse que par ce que toutes les parties ne diminuent pas de volume, ne se retirent pas en même proportion; s'il y en a qui ne suivent pas les autres, là se fait une fracture. Un corps d'une matiere extremement cassante, comme le verre, exposé à l'air se casseroit en se refroidissant par cette seule raison. Mais un corps d'une matiere un peu moins cassante, comme notre fonte, peut se casser dans des moules, dans des circonstances, où elle ne se casseroit pas au

* Pl. 12. N.

* P.

* Q, R, S, T, V, X, Y.

milieu d'un air qui auroit ſeulement le degré de chaleur des moules. Les parties des pieces, qui ſont engagées dans le moule, pour ſe retirer, ont à vaincre la réſiſtance que leur oppoſe le ſable contre lequel elles frottent; & cette réſiſtance eſt d'autant plus grande & d'autant plus conſiderable par rapport à l'ouvrage, que cet ouvrage à plus de ſurface, & moins d'épaiſſeur.

Il eſt rare que les groſſes pieces ſe caſſent dans les moules; & cela parce que plus elles ſont épaiſſes, & plus lentement elles ſe refroidiſsent, & plus auſſi elles ont de force pour vaincre les frottemens. D'ailleurs la réſiſtance qu'elles trouvent dans le ſable eſt moindre proportionnellement à leur volume; la réſiſtance étant en raiſon des ſurfaces.

Si les Fondeurs veulent abſolument remplir beaucoup leurs chaſſis au moins devroient-ils y multiplier les ouvertures par où ils jettent le métal fondu, ils ne ſeroient plus dans la neceſſité d'ouvrir tant de canaux de communication.

Quand ils feront faire des modelles de nouveaux ouvrages, qu'ils évitent de faire trouver une partie groſſe, tres-renflée, tout au près d'une partie mince de quelque étenduë; autrement, dans l'ouvrage qui aura été coulé en fer ſur ce modelle, la partie mince ſera en riſque de caſſer dans le moule, pour les conſiderations précedentes, ou de mal venir. Mais ſi l'ouvrage demande abſolument qu'il y ait des parties tres-groſses, tres-renflées; qui tiennent à des parties minces; le

plus sûr sera de mettre des noïaux dans les endroits renflés, afin qu'ils viennent creux. La forme de l'ouvrage n'en sera point changée, & les endroits, qui auroient été considerablement trop épais, n'aiant plus qu'une épaisseur proportionnée à celle des parties minces avec lesquelles ils tiennent, ils ne mettront plus ces dernieres si en risque de laisser des vuides.

Il est arrivé à des pieces que je n'avois pas mis refroidir à une chaleur douce, de se casser plusieurs heures & même un jour aprés qu'elles avoient été entierement refroidies. Cet accident arrive aussi quelquefois au verre. M. Hombert pour conserver les verres à qui il avoit fait prendre l'empreinte des pierres gravées, les égrisoit tout au tour; & il prétendoit qu'alors ils étoient hors de risque. On défigureroit nos ouvrages de fer fondu, si on les égrisoit, on pourroit tout au plus faire cela à leurs jets. Mais cet accident m'a paru si rare, qu'il ne me semble pas être de ceux à qui il importe beaucoup de trouver remede; & je doute même que les ouvrages, qui après avoir été tirés du moule, auront été refroidis au milieu des charbons, y soient sujets.

Un dernier avertissement que je donnerai encore aux Fondeurs sera de faire les jets, les canaux qui conduisent la matiere dans le creux des moules, le plus minces qu'il leur sera possible; qu'ils ne donnent aux jets & évents, que ce qui est necessaire, pour que la matiere coule facilement, qu'-

ils compenſent autant qu'ils pourront par la largeur, ce qu'ils donneroient en profondeur. Il ſeroit déſagreable d'être obligé d'adoucir avec l'ouvrage tous les jets qui y tiennent *; il faut donc caſſer les jets ; or s'ils ont l'épaiſseur, ou une épaiſſeur approchante de celle de quelques unes des parties de l'ouvrage, dans le temps qu'on frappera ſur le jet, il arrivera ſouvent qu'on caſſera quelqu'une des parties minces ; ſi les jets ſont foibles, elles ne ſeront pas exposées à cet accident.

* Pl. 12. Q. R, S, T.

Quand il y a de gros jets & qu'on veut abſolument les abbatre, tout ce que j'ai trouvé de plus sûr, c'eſt de mettre l'ouvrage à la forge, & de le faire rougir, ſurtout dans l'endroit où on veut le caſſer ; on le portera enſuite ſur l'enclume, on fera enſorte que la partie qu'on veut ſéparer du reſte n'y poſe point à faux, on mettra deſſus un ciſeau, & on frappera ſur le ciſeau, comme pour lui faire couper du fer forgé, mais pourtant à plus petits coups



Explication de la douzieme planche.

LE haut de la planche represente deux petits fourneaux à fondre, & des Ouvriers occupés à tout le travail qui en dépend.

a, b. *Est un angar, sous lequel on a placé le fourneau qui est ordinairement dans la boutique de nos Fondeurs de menus ouvrages.*

c. *Le fourneau de ces Ouvriers, qui est le même dont les coupes sont representées dans la planche 2.*

La fig. 1. *tire le souflet de ce fourneau.*

d, d. *La caisse, espece de huche qui contient le sable dont on remplit les moules.*

e, e. *Moules qui sont à secher.*

f. *Est un petit fourneau portatif, à qui le vent est fourni par le souflet d'une forge.*

g. *Tuyau qui conduit le vent du souflet,* h, *dans ce fourneau.*

i, k. *Forge roulante, quand on s'en sert en qualité de forge, le souflet est redressé, & soufle vers l'endroit* k.

La fig. 2. *verse dans un moule le métal fluide du creuset, qui vient d'être tiré du fourneau,* f.

m. *La presse dans laquelle les moules sont serrés.*

n. *Trois moules renfermés dans cette presse.*

o. *Moule ouvert.*

La fig. 3. *met dans un tas de charbons,* p, *les pieces*

qu'elle vient de tirer toutes rouges du moule, o.

q. *Four semblable à ceux des Boulangers, dans lequel on peut mettre les pieces à mesure qu'on les tire des moules.*

Bas de la planche.

A. *Le petit fourneau portatif.*

B. *Pierre sur laquelle il est posé.*

C. *Son couvercle.*

D, E, F, G, H, I, K. *Sont toutes les pieces qui composent la figure precedente, separées les unes des autres.*

D. *La pierre.*

E. *La piece qui forme le cendrier, qui seule a interieurement un rebord pour soutenir la plaque de fer dont les angles sont abbatus.*

F. *Cette plaque de fer.*

G, H, I, K. *Les autres pieces du fourneau.*

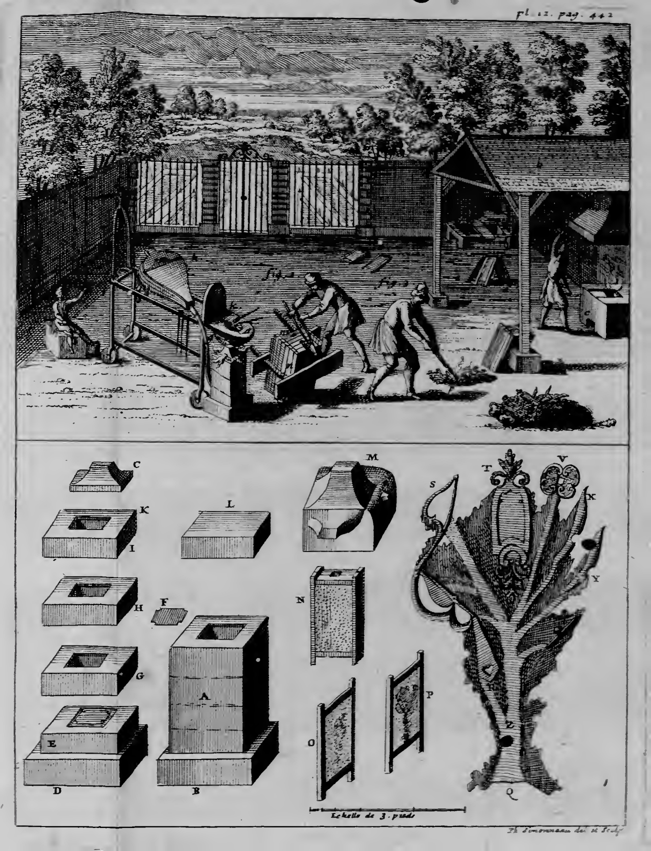
L. *Piece de terre molle, façonnée quarrément, qu'il ne reste plus qu'à percer pour en faire une piece pareille à une des precedentes.*

M. *Serre-feu d'une figure plus avantageuse que les Serre-feux ordinaires, & qui mis sur une forge, y tient lieu d'un fourneau.*

N. *Moule, dans lequel on suppose qu'on vient de couler du métal.*

O, P. *Est le moule* N *ouvert: ce sont les chassis dont il est composé, remplis de sable, où l'ouvrage paroît moulé.*

Q, R, S, T, V, Y, Z. *Le fer fondu qui a été coulé dans le moule* N, *& qu'on imagine en avoir été re-*


fig. 1
fig. 2
C
K
I
L
M
H
F
G
A
E
D
B
N
O
P
S
T
V
X
Y
R
Z
Q
Echelle de 3. pieds
Ph. Simonneau del. et Sculp.

tiré ; les differents ouvrages tiennent ici ensemble par les jets. R, S. *est une branche de bride.* T, *une platine de targette.* V, *une garde d'épée.* X, Y, *des platines de fusil.* Q, Z, *est le tronc du jet qui a fourni des branches pour remplir toutes ces pieces : les endroits où nous avons recommandé de tenir les jets minces, sont ceux où ils rencontrent les ouvrages.*

Explication de la treizieme planche.

E*Lle represente le fourneau ordinaire où l'on fond la fonte de fer, en la jettant avec les charbons, sans la mettre dans un creuset particulier.*

Le haut de la planche fait voir un de ces fourneaux en place, où l'on fond actuellement le fer. Il montre aussi comment on coule dans les moules le fer qui a été fondu dans un autre fourneau.

Les fig. 1. & 2. *font mouvoir les souflets.*

a, b. *La partie superieure du fourneau, dont l'inferieure est enterrée dans le fraisil, ou la poussiere de charbon.*

b. *Est l'ouverture dans laquelle on jette le charbon, & les morçeaux de fonte.*

c, c. *Tas de poussiere de charbon qui entoure le bas du fourneau.*

d. *La tuyere qui reçoit les bures des souflets.*

e. *Tas de charbon.*

e 2. *Tas de fragments de fonte.*

f. *L'arbre qui porte le levier, au moyen duquel on enleve facilement la poche, le creuset, qui fait le fond du fourneau.*

g, g. *Ce levier.*

h. *Est le crochet dans lequel on passe l'anse qui sert à soulever le creuset.*

Les fig. 3. & 4. *sont occupées à verser dans des moules le fer qui a été fondu dans un autre fourneau, mais entierement semblable au precedent. La fig.* 2. *conduit, fait tourner le levier, à un des bouts duquel est suspenduë la poche, le creuset où est le fer fondu.*

La fig. 4. *tient le manche de la cuillier, & penchant la poche, lui fait verser son métal dans un moule.*

i, i. *Trou où la poche étoit cy-devant placée.*

l. *Tour qui couvroit la poche renversée.*

k, k. La poche ou le creuset.

m. *L'anse de la cuillier.*

n. *Moule dans lequel on verse la fonte.*

o. *Moule rempli.*

p. *Moule à remplir.*

Le bas de la planche fait mieux voir la construction de quelques-unes des parties representées dans le haut.

A, A, B, B, C, D. *La poche, ou le creuset qui fait le fond du fourneau.* A, A, B, B, *Est le vieux chaudron.* C, *Est la terre qui s'éleve au-dessus de ses bords.* D, *Est l'échancrure menagée pour recevoir la tuyere.*

E, F, G, H, I. *La tour du fourneau, cette partie qui se rapporte sur la poche.* E, G, H, I, *sont les differentes pieces dont elle est composée, qui ordinairement ne sont pas aussi propres à s'ajuster bien ensemble, qu'elles le sont ici.* E, *L'échancrure qui reçoit la tuyere.*

K. *La tuyere representée separément.*

L, L, M, M, N, O. *Est une coupe du creuset, ou de la poche.*

M, L, L, M. *Est le vieux chaudron, ou pot de fer, revêtu en dedans d'une couche de terre sablonneuse.* M, N. *La partie de la terre qui s'éleve au-dessus du chaudron.* O, *La tuyere qui est en place. Ce qui est au-dessus d'*N, *est la coupe de la piece* F. *de la fig.* E, F, G, H, I.

P, P, Q, Q. *Coupe des pieces* G, H, *de la tour. Une partie depuis* P, P, *jusques en* Q, Q. *est revêtuë de terre.*

R. *La partie superieure* I, *de la tour. On a arrangé à son ouverture des morceaux de fonte comme ils le sont à chaque charge; alors c'est le charbon qui les soutient.*

S. *Divers fragments de fonte.*

T, V, X, X. *La cuillier dans laquelle on met la poche.*

Y. *L'anse de cette cuillier.*

Z, V. *Son manche de fer, qui entre en partie dans un manche de bois.*

1. 2. 3. *Marquent la poche placée dans la cuillier.*

4. *L'anse suspenduë à un crochet.*

5. 6. *Differents crochets qui suspendent la cuillier à un des bouts du levier,* 7. *dont il ne paroît ici qu'une partie.*

8. 9. 10. 11. *Est la coupe d'une partie de la figure marquée* f *dans le haut de la planche.*

8. *Anneau dans lequel passe le levier.*

9. 10. *Boulon qui porte l'anneau precedent.*

11. 11. *Coupe de l'arbre, dans laquelle on trouve la tige* 10. *du boulon qui y tourne librement.*

12. *Poids qu'on suspend au bout du levier, pour contre-balancer le poids du creuset.*
13. *Moule.*
14. *Mortier qui a été coulé dans ce moule.*

Explication de la quatorzieme planche.

L*E haut de la planche represente en perspective ce fourneau à fondre le fer, sous lequel on porte les moules, vû dans deux temps differents.*

La fig. 1. le represente dans la situation où il est, lorsqu'on y fond le métal.

La fig. 2. represente la position où on le met pour lui faire verser le métal fondu.

a, a, a, a. *Fig. 1. & 2. sont les roulettes, sur lesquelles porte tout l'assemblage.*

b, b, c, d. *Quatre montants maintenus à l'ordinaire par des traverses.*

d. *Est un montant beaucoup plus élevé que les autres, parce qu'il porte des pieces, qui servent à faire mouvoir le souflet.*

f. *Le souflet dont le bout, la bure, fig. 1. entre dans la tuyere du fourneau, & dont la même bure fig. 2. est hors du fourneau. Avant de renverser le fourneau, comme on l'a fait dans la fig. 2. on pousse le souflet en arriere, ce qui est facile, parce que les deux branches de la piece de fer recoudée, qui le soutient par derriere, entrent dans des entailles percées d'outre en outre dans chaque traverse, dans toute la longueur,* h h.

g. *Le fourneau, droit fig. 1. & renversé fig. 2. En* i, i.

Echelle de 3. pieds

2. 3. p.

Ph. Simonneau del. et Sculp.

ſont deux cremailleres qui reçoivent les deux tourillons qui portent le fourneau, & ſur leſquels il peut tourner. Au moyen des cremailleres i, i, *on peut placer le fourneau plus haut, ou plus bas ſelon qu'on le trouve néceſſaire. En* g. *fig.* 2. *le fourneau eſt entouré d'une épaiſſe frette de fer, dans deux endroits de laquelle, diamétralement oppoſés, s'engagent les leviers, avec leſquels les Ouvriers,* k, *abaiſſent le fourneau: ils en ſoutiennent aiſément le poids, dont on pourroit pourtant les décharger en partie par des contrepoids.*

L'Ouvrier l. *fig.* 2. *tient les deux vis d'une preſſe, dans laquelle le moule, ou les moules ſont génés.*

o. *Echelle où l'on monte pour charger le fourneau, ſoit de charbon, ſoit de fonte.*

p. *Perche qui fait reſſort & oblige le ſouflet de s'abaiſſer.*

Bas de la planche.

On n'y a point mis le détail de tout ce qui regarde la charpente qui porte le fourneau, parce que c'eſt une diſpoſition abſolument arbitraire, & qui ne convient même qu'à ceux qui veulent faire marcher leurs fourneaux, ce qu'on ne cherche guere dans des manufactures. Mais on y a un peu plus developpé ce qui regarde le fourneau même.

A, A, B, B, C. *Eſt le fourneau entier repreſenté ſeparément.*

A, A, B, B. *Eſt la tour.* B, B, C, *La poche, le creuſet, le fond du fourneau.* B, B, *Les deux tourillons par leſquels il eſt ſoutenu.*

D. *La porte par où on donne écoulement au fer fondu ; pour cela seul il seroit inutile qu'elle fût si grande ; mais elle sert de plus à donner passage aux crochets qu'on fait entrer pour retirer les crasses & le charbon qui surnagent la fonte, qu'on est prêt à couler.*

D 2. *Cette porte representée separément.*

E, E. *Verges de fer assemblées à vis, par leur bout superieur, avec la tour, & par leur bout inferieur avec la poche.*

F. *Frette de fer dans laquelle on engage les leviers, par le moyen desquels on abaisse la tour.*

F 2. *Cette frette representée separément.*

G. *Un des leviers qui servent à abaisser la tour.*

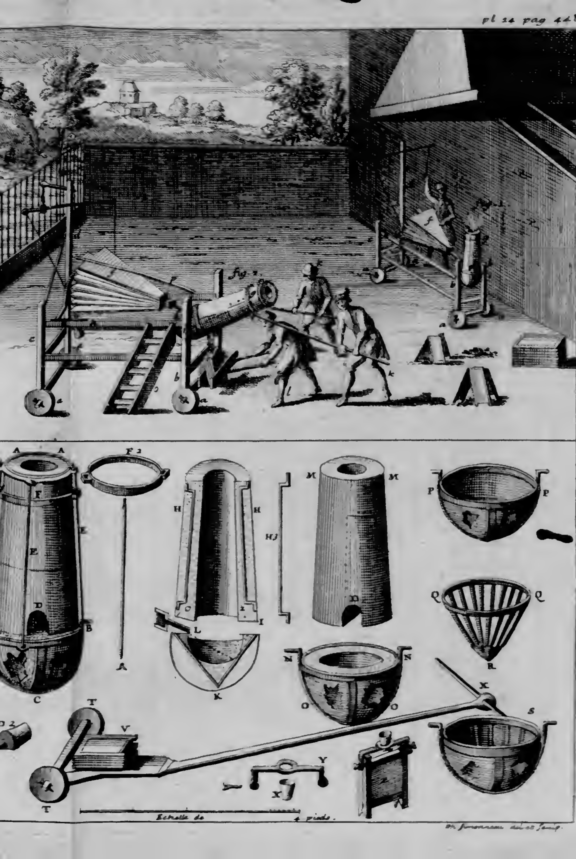
H, H, I, K. *Est une coupe de tout le fourneau qui en fait voir l'interieur.* I, *L'ouverture par où sort la fonte.* L, *La tuyere dont la direction est suivant la ligne ponctuée.*

O, H, H. 2. *Est de part & d'autre de la coupe une lame de fer attachée par ses deux bouts contre les parois de la tour, & qui contribuë à soutenir la terre ; l'interieur en a de pareilles assés proches les unes des autres, mais qui ne paroissent pas ici à cause de la terre dont elles sont recouvertes.*

H 3. *Une de ces lames de fer, separément.*

M, M. *La tour representée separément, ou* D, *est l'ouverture par où on retire les crasses.*

N, N, O, O. *Le creuset, la poche dont l'interieur est tout garni de terre representée separément.* O, O, *Les ouvertures par où on fait entrer les charbons qui empêchent le fond du creuset de se refroidir.*


fig 1
Echelle de 4 pieds.

P, P. *L'enveloppe exterieure de la poche, la calotte exterieure dont l'interieur n'eſt pas encore rempli.*

Q, Q. *Eſpece de grille conique qui ſe place dans la capacité* P, P.

S. *La grille miſe en place dans la poche, & prête à être recouverte de terre pour devenir ſemblable à la fig.* N, N, O, O.

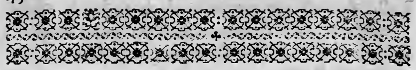
T, T, X. *Le charriot ſur lequel on peut mettre les grands moules.* V. *Moule poſé ſur le charriot.*

X. *Entonnoir qu'on poſe ſur le moule. Pour mieux conduire le métal dans le moule p, on pourroit faire des tuyaux de conduite, qui partiroient du fourneau; mais il les faudroit faire chauffer avant d'y couler la matiere.*

Y. *Piece de fer qu'on aſſujettit ſur le moule, & qui porte l'entonnoir.*

Z. *Un moule ſur lequel l'entonnoir eſt placé.*





TROISIEME MEMOIRE

Où sont rapportés les essais qu'on a faits de differentes matieres pour adoucir le fer fondu, & quelles sont celles que ces essais ont montré y ètre les plus propres.

NOUS supposons, qu'au moyen des Arts connus, de la fonte blanche & bien affinée, a été fonduë & jettée dans des moules, dont elle a rempli exactement les empreintes ; en un mot qu'on a, ou qu'on peut avoir des ouvrages de fer fondu bien conditionnés, mais qu'il reste à les adoucir, pour leur ôter partie de leur roideur, & surtout de leur dureté, afin qu'ils deviennent en état de se laisser reparer. L'importance dont ce secret m'avoit paru, me l'a fait chercher il y a déja du temps, & même avant que je songeasse à celui de convertir le fer en acier. Il n'y avoit pas de doute, qu'il ne fallut faire agir le feu pour operer dans le fer fondu un changement pareil à celui que je souhaitois ; mais je m'étois convaincu que l'on ne devoit pas l'attendre de l'action immediate du feu. Je sçavois que les contrecœurs des cheminées des grosses cuisines conservent leur dureté, quoiqu'ils aïent resté pendant longues années en une pla-

ce où ils ont été chauffés vivement, & à bien des reprises. Je pensai donc qu'il falloit renfermer dans des creusets le fer fondu qu'on cherchoit à adoucir, & l'entourer de matieres qui, avec le secours du feu, produiroient cet effet.

Après diverses tentatives, dont quelques-unes m'avoient fait croire que j'étois dans la bonne voïe, j'abandonnai pour quelque temps ce travail pour suivre celui de la conversion du fer en acier, qui étoit en quelque sorte la matiere du temps; tous les jours on voyoit gens qui se présentoient avec ce prétendu secret, & qui répondoient mal aux esperances qu'ils vouloient donner. J'ai dit que j'abandonnai mes experiences sur le fer fondu pour suivre celles de la conversion du fer en acier, j'aurois dû dire que je crus les abandonner. Je les continuai réellement en travaillant à convertir le fer en acier; mais d'abord sans y penser. Je me trouvai bien du chemin fait pour adoucir le fer fondu; je me trouvai dispensé de bien des experiences composées, par lesquelles il eût fallu passer, avant de parvenir aux expedients simples qui suffisent ici, lorsque je fis reflexion à ce que nous avons prouvé ci-devant sur la composition de l'acier, sur son veritable caractere, sur ce qui le diferencie essentiellement du fer, sur le caractere que nous avons donné de la fonte de fer; & sur tout lorsque je fis attention à la maniere de rectifier les aciers qui ont le defaut de se laisser difficilement forger, ou ce qui est la même chose, à la maniere

de décompoſer l'acier, que nous avons rapportée dans le huitiéme Memoire.

En Phyſique l'experience & le raiſonnement doivent s'entr'aider ; ceux qui ne veulent que des experiences & ceux qui ne veulent que des raiſonnements ſont également éloignés d'avancer, ſur tout dans la Phyſique utile. Toutes mes reflexions, & toutes mes experiences ſur la nature du fer & de l'acier, m'avoient donc appris qu'en convertiſſant le fer en acier, on le rapprochoit du premier état où il avoit été ; que plus il étoit pour ainſi dire acier, plus il étoit proche de redevenir fonte de fer ; que les aciers trop penetrés de ſels & de ſoufres, avoient de commun avec la fonte, de ſe laiſſer difficilement forger, & de ſe laiſſer plus aiſément ramollir par le feu que l'acier & le fer ordinaire. Nous avons même cru être conduits par ces raiſonnements & ces experiences à conclure * que la fonte de fer bien affinée, bien pure, eſt une ſorte d'acier, mais la plus intraitable de toutes. L'acier difficile à forger devient un acier qui ſoutient bien le marteau, ſi on lui enleve ſes ſoufres & ſes ſels ſuperflus. La fonte a encore plus de ſoufres que l'acier ordinaire quel qu'il ſoit.

* Mem. 9.

Qu'y avoit-il de plus naturel que de pouſſer plus loin ces conſéquences ? de penſer que ſi la fonte, le fer fondu, eſt abſolument incapable de ſoutenir le marteau, & eſt en même temps ſi dure, que c'eſt qu'elle eſt exceſſivement penetrée de ſoufres & de ſels, c'eſt ce qui la rend en même temps

plus fusible, plus aisée à ramollir par le feu que ne le sont le fer forgé & l'acier? Je n'eus nulle peine à croire que des soufres fussent capables d'augmenter jusqu'à ce point la dureté d'un métal; j'ai déja parlé de la grande dureté de certaines Pyrites, qui ne sont ni métal, ni pierre, quoi qu'on leur donne souvent ce dernier nom asés improprement, mais qui ne sont presque que soufres & sels; qu'on les réduise en poudre & qu'on les mette sur les charbons, elles y bruslent presque entierement, elles y flambent comme le soufre commun, & répandent la même odeur. Cependant ces mêmes Pyrites sont si dures, comme nous l'avons déja dit, qu'autrefois on en faisoit pour les arquebuses à roüet un usage pareil à celui qu'on fait aujourd'hui des cailloux pour les fusils.

Dès que je crus suffisamment établi que la dureté de la fonte de fer étoit produite par les soufres & les sels dont elle est penetrée, il me parut que le secret de la ramollir, de l'adoucir, n'étoit que celui de lui enlever une partie de ses soufres; & que le moyen d'y parvenir devoit être le même, pour le fond, que celui que nous avons employé pour corriger le defaut des aciers difficiles à forger. Vraisemblablement, les mêmes procedés, & les mêmes matieres qui avoient enlevé aux aciers intraitables leurs soufres superflus, qui pouvoient même ramener ces aciers à être fer, devoient operer quelque chose de semblable sur les fontes; les mettre aussi en un état approchant de

celui du fer forgé. Nous avons vû que les matieres qui produisent ce changement dans les aciers, sont des matieres terreuses, des plus alcalines; & que celles dont l'effet est le plus prompt sur les aciers, sont la chaux d'os, & la craye reduite dans une poudre fine.

Presque sûr du succès de mon experience, je renfermai dans des creusets des morceaux de fonte blanche, fort minces: ceux de quelques creusets étoient entourés de chaux d'os, & ceux des autres de craye. Je donnai quelques heures de feu à ces creusets, après quoi j'en retirai mes fontes. Lorsque je vins à les essayer, je trouvai tout ce que j'avois esperé; que les fontes de dures, de rebelles à la lime, qu'elles étoient, elles s'étoient ramollies au point de se laisser limer comme le fer.

Je comptai pourtant un peu trop sur ce succés; j'eus bientôt une nouvelle preuve de ce dont on a tant d'experiences, que les consequences du petit au grand ne sont pas toujours bien certaines. Je fis jetter en moule des pieces de fer fondu d'une grandeur raisonnable, épaisses de plus d'un pouce, ou d'un pouce & demi: elles étoient chargées d'ornements; je les entourai de toutes parts de chaux d'os; je les renfermai dans un fourneau où elles pouvoient chauffer sans être exposées à l'action immediate de la flamme, pareil à nos fourneaux à acier; elles y soûtinrent le feu pendant plus de deux jours, & ce n'étoit point trop pour leur épaisseur. Lorsque je vins à les tirer du four-

neau, je trouvai bien du mécompte ; ce n'eſt pas que les ouvrages de fer fondu n'euſſent été adoucis autant que je me l'étois promis ; ils étoient aiſés à travailler, mais ils avoient un défaut qui s'accommodoit mal avec l'eſperance des grands uſages dont je m'étois flatté ; leurs premieres couches s'en alloient toutes en écailles, les feüillages minces, les traits délicats, qui étoient dans le modelle, & qui étoient bien venus dans l'ouvrage moulé, étoient emportés par ces écailles ; on eût pû travailler ces pieces, mais il eût fallu employer bien du temps pour reparer tant de déſordres. Ce ne ſeroit pas aſſés que d'adoucir le fer fondu de cette façon, alors il ne ſeroit preſque d'aucun uſage pour les ouvrages délicats.

Les mêmes principes qui avoient conduit à le rendre aiſé à travailler, conduiſoient à découvrir la cauſe de cet accident, & me firent eſperer d'y trouver remede. Les matieres terreuſes, alcalines, ſe chargent, s'imbibent des ſoufres dont le fer fondu eſt penetré, mais pendant une longue durée de feu, elles en enlevent trop aux couches les plus proches de la ſurface ; elles dépouillent les premieres couches du fer de tout ce qu'elles ont d'onctueux, de ce qui lioit leurs parties : ces parties alors ſe trouvent déſunies, & ſe détachent à la fin, ſous la forme d'écailles friables, ſemblables à celles qui tombent de deſſus le fer qu'on forge au marteau, ou du fer qui a été trop chauffé. Ces écailles ſont d'autant plus épaiſſes, & en plus grand

nombre que l'action du feu a été plus longue. Il n'arrive rien de semblable à des morceaux de fonte qui ne soûtiennent le feu que peu d'heures, & de là étoit venu le succès de mes premieres experiences.

Je pensai qu'à ces matieres trop absorbantes, qui ne rendent point au fer ce dont elles se sont saisies, qu'il falloit joindre une autre matiere qui moderât leur effet; qui, quoiqu'elle ne pût rendre au fer autant qu'on lui ôteroit, fourniroit au moins asses de parties huileuses pour humecter ce qui se seroit trop deseché; faire quelque chose d'à peu près équivalent, à ce qu'on pratique, quand on chauffe à la forge du fer qu'on cherche à ménager, dont on veut conserver la surface; quoiqu'on veuille que le feu agisse puissamment dessus, on le poudre pourtant, en bien des rencontres, de sable, de terre fine, & cela pour défendre sa surface contre l'action immediate du feu.

Quoiqu'il en soit de ce raisonnement, il me détermina à mêler de la poudre de charbon, tres-fine, avec de la craye, ou de la poudre d'os calcinés. Mes experiences sur la conversion du fer en acier, m'avoient asses appris, que quelque durée de feu que la poudre de charbon soutienne, qu'elle ne se consume point, pourvû qu'elle n'ait point d'air, qu'ainsi elle seroit toujours en état d'operer sur le fer fondu, l'effet que je m'en promettois. Je la mêlai donc en differentes proportions,

tions, avec des poudres d'os, ou de craye, afin de découvrir le mêlange le plus convenable. Le succés de ces experiences fut aussi heureux que je le pouvois souhaiter; avec cet expedient je parvins à adoucir le fer fondu, & à le tenir au feu aussi long-temps, qu'il étoit necessaire, sans qu'il s'en détachât d'écailles.

Quelque sûr, quelque efficace que j'eusse trouvé l'effet du mêlange rapporté ci-dessus, quoiqu'il m'eût parû adoucir parfaitement la fonte, & en même temps l'empêcher de s'écailler, j'ai pourtant voulu essayer s'il n'y auroit point d'autres compositions dont l'effet fût plus prompt ou plus considerable; je ne me suis fait grace sur aucunes des experiences, que j'ai crû devoir être tentées; je ne rapporterai pourtant ici que les principales, que celles dont il semble qu'on devroit le plus se promettre.

J'ai essayé l'effet de differents sels, & surtout des sels alcalis, comme de la soude, de la Potasse, &c. J'ai aussi essayé le sel marin; j'ai entouré de ces differents sels des morceaux de fonte, les sels remplissoient tout le vuide du creuset: seuls, ils n'ont point produit de grand adoucissement, & ont mis le fer fondu en état de s'écailler. D'ailleurs les frais du travail augmenteroient considerablement s'il falloit uniquement employer un sel, quel qu'il fût.

Mais j'ai crû devoir tenter s'il n'y en avoit point quelqu'un qui rendît notre composition plus ac-

tive. Au mêlange des deux parties d'os, ou de craye, & d'une partie de charbon, j'ai ajouté les ſels ſuivants, de chacun une partie dans chaque eſsay; c'eſt-à-dire, que j'ai pris par exemple deux parties d'os, une partie de charbon, & une partie de ſel marin; dans un autre eſſay, j'ai mis du ſel de verre, dans un autre du vitriol, dans un autre de l'alun, dans un autre de la potaſſe, dans un autre de la ſoude, dans un autre de la cendre gravelée, dans un autre du ſalpêtre concentré par le tartre; j'ai employé auſſi le tartre. Aucun des ſels precedents, ne m'a paru faire de mauvais effets, mais s'ils ont contribué à accelerer l'adouciſſement de la fonte, ç'a été peu ſenſiblement : les fontes cependant qui étoient entourées de compoſitions, où des ſels alcalis étoient entrés, ont été un peu plus adoucies, & plus promptement que les autres; & celles où étoient les cendres gravelées, m'ont parû l'emporter ſur les autres; on pourra, je crois, les ajoûter avec ſuccès à la compoſition, quand on voudra abreger la durée du feu; mais on peut s'en paſſer à merveille.

J'ai auſſi éprouvé ce que produiroient l'antimoine, le vert de gris, & le ſublimé corroſif; j'ai même employé d'autant plus volontiers cette derniere matiere que j'avois oüi dire qu'on s'en étoit ſervi avec ſuccès pour l'adouciſſement des fers fondus. Mais elle a plûtôt retardé, qu'avancé l'effet des matieres avec leſquelles elle étoit mêlée. Pour l'antimoine il a gâté le grain de la fonte, &

l'a empêché de s'adoucir. Il a fait plus ; l'effet d'une fournée entiere, où étoient quantité d'ouvrages de fer fondu, fut arrêté par un peu d'antimoine que j'avois fait entrer dans la composition qui entouroit le fer que j'avois mis dans un petit creuset. Ce petit creuset étoit, comme tous les grands ouvrages de fer, placé dans le grand creuset. Quoique j'eusse eu soin de luter ce petit creuset, presque tous les ouvrages qui l'environnoient resterent durs, quelques-uns même s'écaillerent asés considerablement. Le vert de gris n'a point fait de mal, & peut-être a-t'il fait quelque bien.

Au charbon de bois j'ai substitué en même poids le charbon de savate réduit en poudre ; on s'en sert avec succès pour les recuits du fer, & surtout pour les trempes en paquet, mais je n'ai pas reconnu que cette poudre eût ici aucun avantage sur celle du charbon ordinaire.

Il n'y avoit pas lieu de se promettre que des matieres huileuses fussent propres à avancer l'operation ; mais comme il faut être extremement en garde contre les raisonnements, même les plus vrais-semblables, & qu'il est toujours bon de les confirmer par de nouvelles preuves, j'ai abreuvé des matieres terreuses de suif fondu, elles en ont moins produit d'effet que lorsqu'elles ont été seules.

Pour m'asûrer si nos poudres, soit d'os calcinés, soit de craye, méritoient d'être préferées à d'autres matieres insipides ou alcalines, j'ai mis en

pareil poids, que dans mes autres essais, de la chaux vive, de la chaux éteinte, des terres à Potier réduites en poudre fine, du verre pilé. La chaux a adouci la fonte, mais elle ne lui a pas donné tant de corps que nos deux autres matieres. La terre à Potier, la glaise, l'adoucit asés bien, mais elle la fait plus écailler. Le gyps, ou plastre transparent, est de toutes les matieres celle qui est le plus à craindre pour produire des écailles.

De sorte qu'après avoir examiné les differentes matieres que j'ai pû soupçonner propres à être emploïées pour nôtre operation, je n'ai rien trouvé de mieux que les os calcinés & la craye.

Nôtre nouvel art sembloit fait pour fournir des preuves de la difference qu'il y a entre le travail en petit, & le travail en grand; nous en avons déja rapporté un exemple, lorsque nous avons parlé de l'accident auquel nous avons imaginé de remedier par la poudre de charbon, un autre évenement nous en a donné une nouvelle preuve plus singuliere. Il n'est que trop ordinaire à ceux qui semblent reveler des secrets au public de se reserver ce qu'il y a de plus important; on donne en avare, on veut paroître donner, pour faire voir qu'on a, mais on garde les coups de Maîtres, certains tours de main, certaines observations essentielles; l'observation dont nous voulons parler, cachée, ce qui peut assûrer le succés de nôtre art, le seroit. Dans nos essais en petit, la craye reduite en poudre, & la chaux d'os ont été de pair; nous

n'avons pû découvrir aucune difference dans leurs effets : dans les premiers essais que je fis en grand, je me servis de chaux d'os, ils réussirent à souhait ; aïant dans la suite à faire un autre essay en grand, & ne me trouvant pas ma provision de chaux d'os, j'emploïai la craye sans hésiter. Cette épreuve me fit reconnoître que les os ont sur la craye des avantages si considerables, qu'il est surprenant qu'ils m'eussent échappés dans les épreuves en petit ; dans une durée, du même degré de feu, près d'une fois plus longue, la craye produit à peine autant d'effet que les os. Quelque considerable que soit cet avantage, les os en ont encore un plus important, ils ne manquent jamais d'adoucir le fer fondu, & il y a une circonstance, difficile à éviter, où la craye n'opere aucun adoucissement, ou même, ce qui est plus surprenant, elle rend au fer la dureté qu'elle lui avoit ôtée. C'est quand le feu agit trop fortement, s'il est poussé jusqu'à un degré que nous déterminerons dans la suite, quoiqu'on ne retire les ouvrages de fer fondu du fourneau, qu'après qu'ils y ont resté par-delà même le temps necessaire, on les trouve aussi durs, que quand on les y a mis ; j'ai vû plus, des pieces que j'y avois mis déja adoucies, je les ai vû en sortir très dures. Or il n'est guere possible que dans un fourneau tout chauffe également ; souvent même une piece un peu grande ne prend pas par-tout un égal degré de chaleur, si quelques-unes des pieces, ou quelques endroits des pieces,

ont été chauffées par-delà le degré convenable, elles restent dures en entier ou par parties: ce qui étoit ramolli redevient même dur. C'est apparemment quelque matiere pareille à la craye, qui rendoit si incertain le succés des adoucissements qu'on a tenté de faire à Cosne, & dans le Faux-bourg Saint Marceau; ç'a été apparemment un des inconvenients, qui joint à celui des écailles qui survenoient en diverses circonstances, a renversé ces établissemens, & qui a engagé à une infinité de faux frais. Pour les os calcinés ils adoucissent sûrement & immanquablement, & ils adoucissent d'autant plus vîte, qu'on a fait prendre un degré de chaleur plus considerable aux fers fondus qu'ils environnent.

La craye ne réussit donc bien, que quand on l'employe pour adoucir des pieces minces, ou que quand on donne un feu très-doux aux grosses pieces, qu'on ne leur fait prendre qu'une couleur de cerise; d'où il suit qu'outre que cette matiere ne peut procurer au fer d'adoucissement que dans un temps beaucoup plus long que celui que les os demandent, qu'il est toujours dangereux de s'en servir, puisqu'après avoir produit un bon effet, elle peut elle-même totalement le détruire. Mais pourquoi cette craye, qui adoucit en petit, à feu moderé, n'adoucit-elle pas, & rendurcit-elle même, lorsque la chaleur est plus violente? & pourquoi la même chose n'arrive-t-elle pas à la chaux d'os? Ce phenomêne est asses singulier

pour meriter que nous en cherchions le dénouëment, nos principes doivent encore nous le donner. Ils ont appris que le fer fondu s'adoucit à mesure qu'il est dépoüillé de ses parties sulfureuses & salines; pour qu'il s'adoucisse de plus en plus, il faut qu'il en sorte de nouveaux soufres, & de nouveaux sels, & que les soufres & les sels que le feu en a chassé n'y rentrent plus; que d'autres matieres se chargent de ces soufres & de ces sels, qu'elles ne les laissent plus échapper; c'est ce que la poudre d'os calcinés fait toujours. La plus-part des sels propres aux os sont volatiles, ils leur ont été enlevés pendant la calcination; leurs soufres ont été brûlés: cette chaux se saisit de tout ce qui s'échappe du fer, & a des places pour le loger. La craye est bien une matiere absorbante, mais elle n'est pas si denuée de soufres & de sels, ses soufres & ses sels sont fixes, étant fixes ils y restent tant qu'elle n'est échauffée que jusqu'à un certain point; elle s'empare même alors de ceux qui sont ôtés au fer: pendant tout ce temps, pendant la durée de ce degré de feu, elle contribuë à l'adoucissement de la fonte, mais s'échauffe-t-elle davantage, alors la chaleur a assés de force pour emporter ses sels & ses soufres, malgré leur fixité; alors la craye ne prend plus ceux du fer, elle peut même lui en fournir davantage à chaque instant que le feu ne lui en ôte; alors elle ne l'adoucit donc plus, elle peut même contribuer à l'endurcir; & c'est ce qui arrive réellement toutes

les fois, où de la fonte adoucie, ou commencée à adoucir, par le moyen de la craye, se trouve ensuite rendurcie par le moyen de cette même craye: les acides, les sels de la craye sont probablement vitrioliques, & par là très-difficiles à enlever, ils ne partent qu'à une très-grande chaleur. Nos expériences sur la conversion du fer en acier * nous ont fait voir, à la verité, que les sels ne s'introduisent guere dans le fer qu'à l'aide des matieres huileuses ou sulfureuses, qu'ils ont besoin de ce vehicule, la craye ne peut peut-être pas fournir assés de ces parties; mais celles mêmes qui s'échappent du fer fondu y peuvent rentrer, après s'être emparées des sels de la craye; rien n'empêche cette sorte de circulation, le fer fondu a bien une autre quantité de matiere sulfureuse que le fer forgé.

* Mem. 1er.

L'effet de toute craye peut pourtant n'être pas également à craindre, il peut y en avoir de moins chargées de sels, & d'autres dont les sels seront plus fixes, & qui par consequent n'en pourront être détachés que par un feu plus violent; mais je n'en ai point rencontré, parmi celles que j'ai ensuite essayées en petit, qui n'aïent rendurci le fer déja devenu doux, quand ce fer a été assés échauffé pour devenir presque fondant.

Puisque la craye, qui de toutes les matieres terreuses que nous avons essaïées pour nos adoucissements, est la meilleure, est sujette à tant d'inconvenients, que differentes sortes de chaux ont encore bien moins réussi; la chaux d'os paroît la

veritable

veritable matiere, à qui on doive avoir recours, & c'eſt faute d'avoir penſé à en faire uſage, qu'on n'a pas réuſſi à adoucir ſûrement le fer fondu.

Après tout dès qu'il s'agiſſoit de ſe ſervir des matieres les plus denuées de ſels, dès qu'on ſe conduiſoit par ce principe, la chaux d'os étoit, de toutes les matieres que nous connoiſſons, celle qui promettoit le plus; les ſels des os, comme ceux de toutes les matieres animales ſont volatils; ils peuvent leur être enlevés par la calcination; après la calcination on ne leur trouve point, ou preſque point, de ſels fixes, comme on en trouve aux differentes eſpeces de cendres. Ils n'ont point de ſels de la nature de ceux des mineraux, comme en ont toutes les differentes terres. Veut-on faire des coupelles, qui de toutes les eſpeces de creuſets, ſont celles qui demandent à être compoſées de terres plus inſipides, plus privées de ſels, c'eſt la chaux d'os qu'on employe.

Quoiqu'elle ſoit la matiere qui doit être priſe par préference à toutes celles que nous avons éprouvées pour nos adouciſſements, nous avons vû qu'il falloit ſonger à moderer l'effet qu'elle produit, en la mêlant avec la poudre de charbon; mais comme cette derniere poudre retarde peut-être l'adouciſſement, ou au moins ne l'avance pas autant que le font les os, j'ai cherché, & j'en ai déja averti ci-devant, en quelle proportion il falloit faire ce mêlange. Tantôt je n'en ai mis qu'une ſixieme partie, tantôt qu'une quatrieme, tantôt

qu'une troisieme; si le feu ne doit pas être long, ces doses peuvent suffire : ou pour regle encore plus generale, mieux les creusets seront clos, & moins il sera nécessaire d'employer de poudre de charbon ; mais le plus sûr est d'en mettre une partie contre deux parties de l'autre matiere; après tout un peu plus de charbon n'est pas capable de retarder l'operation. Si la poudre de charbon ne contribuë pas beaucoup d'elle-même à adoucir la fonte, au moins est-il sûr qu'elle ne la rend pas plus dure : après un assés long feu, j'ai tiré de la fonte d'un creuset, où je l'avois uniquement entourée de cette poudre, elle m'a paru y avoir été un peu adoucie; le charbon de savate seul a aussi produit le même effet; après un assés long feu, il a operé un leger adoucissement.

D'ailleurs il m'a semblé que la poudre de charbon contribuoit à faire prendre plus de corps au fer fondu; peut-être qu'elle empêche l'adoucissement de se faire d'une maniere trop précipitée, & cette derniere consideration seule engageroit à donner la dose de charbon un peu plus forte.

Quelque peu d'adoucissement que la poudre de charbon procure seule au fer fondu, cet adoucissement peut paroître singulier, si on se souvient que nous avons vû ailleurs que cette poudre peut seule convertir le fer en acier, lui donner assés de soufres & de sels pour changer sa nature. Comment se peut-il donc faire qu'elle n'augmente pas la dureté de la fonte, qu'elle lui ôte plutôt des

ſoufres, que de lui en donner ! l'explication de cette difficulté revient encore à l'explication que nous avons donnée de la differente façon dont la craye agit à differents degrés de feu ; je penſe que les ſoufres du fer tiennent bien plus que les ſoufres de l'acier, & encore plus que ceux de la fonte, il en a moins, & en eſt penetré plus intimement ; les ſoufres du charbon s'échappent plus aiſément que ceux du fer, le fer les boit s'il eſt entouré de ce charbon; au contraire la fonte qui eſt ſurchargée de ſoufres, qui eſt en quelque ſorte une eſpece de Pyrites, mais plus métallique que l'ordinaire, laiſſe plutoſt échapper ſes ſoufres, ou en plus grande quantité, que le charbon ne laiſſe échapper les ſiens.

Il reſulte de ces experiences que pour bien adoucir le fer fondu, ce qu'il y a de mieux, c'eſt de s'en tenir aux os calcinés & au charbon, & on ne craindra pas que le prix de ces matieres faſſe monter trop haut celui des ouvrages, il ne ſeroit guere aiſé d'en trouver qui fuſſent à meilleur marché. Qu'on ne ſe faſſe pas un embarras de la quantité d'os néceſſaires, les voiries des villes en fourniront de reſte : que voudroit-on de plus commode que de n'avoir que la peine de ramaſſer des matieres qui ne coûtent rien. D'ailleurs il me ſemble qu'on doit voir avec une ſorte de plaiſir que des matieres, ci-devant inutiles pour nous, ont de grands uſages. Si on veut s'épargner la peine de raſſembler les os dont on aura beſoin, ceux qui

n'ont d'autre occupation que de ramaſſer les chif-fons pour les papeteries, ajoûteront cela à leur emplois; ils trouveront même dans les ruës plus d'os que de chiffons. Les boucheries fourniront encore des os abondamment.

La quantité d'os dont on aura beſoin, ne ſera pas même auſſi conſiderable qu'on le croiroit; une proviſion ſuffiſante pour remplir ſes creuſets ou fourneaux étant une fois faite, il n'en faudra preſque ramaſſer que pour remplacer ce qui ſe perdra de cette matiere, comme il s'en perd de toutes celles qu'on manie & remanie; elle ne diminuera pas ſenſiblement au feu. J'ai employé la même matiere pluſieurs fois ſans avoir apperçû de difference ſenſible dans ſon effet: peut-être pourtant qu'à force de ſervir, elle ſe chargeroit de trop de ſels; en la calcinant de nouveau & la leſſivant enſuite, on la dépoüilleroit encore tant de ceux qui peuvent lui être venus du fer, que des ſels alcalis du charbon qui aura été reduit en cendre. Une partie du charbon ſe brûle dans chaque operation, mais on la remplacera en y en ajoûtant un peu de nouveau à diſcretion; nous avons vû par les expériences ſur les ſels, que les ſels alcalis qu'il y laiſſera ne ſeront pas à craindre. Mais après tout ſi on a fait entrer dans la compoſition une partie de charbon contre deux parties d'os, on peut hardiment s'en ſervir trois à quatre fois, ſans y ajoûter de nouveau charbon.

Pour compoſer les coupelles, on cherche certaines eſpeces d'os, comme les os de pieds de mou-

tons, ceux de têtes de veaux. Je crois bien qu'il y a des os qui peuvent valoir mieux les uns que les autres, mais j'ai fait uſage indifferemment de tous ceux qu'on m'a ramaſſés, ſans m'embaraſſer de quels animaux, & de quelles parties d'animaux ils venoient, je les ai tous trouvés très-bons. Quand il eſt queſtion du travail en grand, on doit ſouvent préferer ce qui eſt le plus commode, à ce qui ſeroit le meilleur. Notre art ne pourroit pourtant qu'y gagner, ſi on faiſoit des expériences ſur les eſpeces d'os qui agiſſent le plus efficacement, peut-être en trouveroit-on de ceux-là d'aiſés à recouvrer; & ſi les meilleurs étoient d'eſpeces rares, on les conſerveroit pour les ouvrages qui meritent le plus d'attention; mais ce ſont des expériences qui euſſent été longues & difficiles à ſuivre, & qu'on fera néceſſairement à meſure que l'uſage d'adoucir le fer fondu s'étendra.

Nous n'avons encore rien dit de la façon dont il faut calciner les os, auſſi y a-t-il bien peu à en dire, car tout ſe reduit à les faire brûler juſqu'à ce qu'ils deviennent aiſément friables, & très-blancs. On peut en remplir tout four ou fourneau, où on fera du feu juſqu'à ce qu'ils ſoient ſuffiſamment calcinés, ce qui n'eſt pas long, & qui le ſera pourtant proportionnellement à la quantité d'os qu'on calcinera à la fois; mais on ne craindra pas de les brûler trop. J'ai crû avoir obſervé que la poudre d'os, dont je me ſuis ſervi pour adoucir le fer, avoit plus operé à une ſeconde

fournée, qu'à la premiere, & cela probablement, parce que la calcination de ces os avoit encore été continuée pendant toute la durée de la premiere fournée. Mais on doit être averti qu'on ne sçauroit faire brûler ces os, sans qu'il se répande une odeur desagreable.

Les os étant bien calcinés on les pulverisera; la poudre dans laquelle on les reduira, ne sçauroit être trop fine, mais il n'est pas necessaire qu'elle le soit extremement, j'en ai souvent emploié d'aussi grosse que du sable, elle fait plus d'effet quand elle est plus fine. Lorsqu'elle est grosse, il arrive quelquefois que de petits endroits de l'ouvrage de fer, proportionnés à la grosseur des plus gros grains d'os, s'écaillent, l'ouvrage est quelquefois partout piqué de pareils grains. Alors le mêlange de la poudre d'os & de la poudre de charbon n'a pas été si bien fait.

A l'égard de la quantité de poudre d'os qu'on doit employer à la fois, elle est trés arbitraire; il n'en est point, comme de nos compositions à acier, le plus ici ne sçauroit rien gâter. Mais il y en a asés quand il y en a ce qu'il faut pour empêcher les ouvrages du même creuset de se toucher, & les tenir un peu separés les uns des autres.

Outre les differentes matieres, dont j'ai dit cidevant que j'avois fait des épreuves, j'ai crû en devoir essayer quelques-unes, qui venant des animaux, ont quelque analogie avec les os. Les coquilles sont, pour ainsi dire, les os de divers

animaux aquatiques, & terrestres; j'ai fait calciner des coquilles d'huîtres, des coquilles de moules de riviere, des coquilles de limaçons de jardin; & de chacune de ces differentes chaux, j'ai entouré le fer de differents creusets. Dès que la chaux ordinaire est capable de procurer quelque adoucissement, il étoit sans difficulté que le fer s'adouciroit dans ces dernieres: il s'y est aussi adouci.

Une autre espece d'os de poisson que j'ai crû encore devoir éprouver, sont les os de seche, ils sont trés connus des Orfévres, des Metteurs en œuvre, des Diamantaires, tous ces Ouvriers s'en servent pour mouler de petits ouvrages. Ces os calcinés ont encore adouci le fer. Mais le fer s'écaille avec toutes ces differentes chaux, comme avec celle des veritables os, si on ne modere leur effet par une addition de charbon. La plûpart de ces matieres seroient aisées à recouvrer au bord de la Mer, on y en pourroit faire, à bon marché, de grands amas. Mais valent-elles mieux que la chaux d'os ordinaires, valent-elles même autant? Après ce qui m'est arrivé sur l'effet de la craye, il ne seroit pas sage de décider, avant d'avoir fait des experiences en grand; & je ne croy pas qu'on exigeât de moi que j'eusse cherché à faire en grand toutes ces experiences; il n'y a que dans des Manufactures où l'on travaille regulierement que des épreuves de cette sorte se feront sans trop de frais.

Comme j'ai voulu au moins essayer en petit toutes les matieres que j'ai pû penser être conve-

nables, j'ai auſſi eſſayé des coques d'œufs, après les avoir fait calciner; elles ont réuſſi à peu près comme les matieres précedentes, mais il ne feroit pas auſſi aiſé de s'en fournir.

J'ai encore fait une épreuve par laquelle je finirai ce memoire. Je me ſuis ſervi du fer même, pour adoucir le fer fondu. On ſe ſouviendra que quand j'ai parlé de notre fourneau propre à convertir le fer en acier, que j'ai compoſé les creuſets, les capacités qui renferment le fer, de plaques; que j'ai dit, que pour reſiſter à un feu violent, ces plaques devoient être de terre, mais qu'elles pouvoient être de fer fondu quand on ne vouloit donner qu'un feu plus moderé. En bien des circonſtances je n'ai mis à mon fourneau que des plaques de fer fondu; après qu'elles ont eu ſoutenu le feu pendant un ou pluſieurs jours, & que ce feu a été entierement éteint, la ſurface de chaque plaque ſur laquelle le feu avoit agi, s'eſt trouvée recouverte d'une couche aſſés épaiſſe d'une poudre d'un tres beau rouge, & quelquefois d'un rouge tirant ſur le violet. Cette couche étoit faite des parties du fer, qui avoient été brûlées; en un mot les Chymiſtes ſçavent que cette poudre étoit ce qu'ils ont nommé du ſafran de Mars, & un ſafran de Mars fait ſans aucune addition. J'ai fait balayer les plaques, j'en ai fait détacher & ramaſſer toute cette poudre: ce que nous venons d'en dire, & la place où elle ſe trouve, montre aſſés qu'elle n'eſt qu'un fer brûlé, qui a été dépouillé de ſa

partie

partie huileuſe. Comme cette poudre eſt bien éloignée d'avoir la quantité de parties huileuſes & ſalines dont elle ſe peut charger, j'ai penſé qu'elle ſeroit tres propre à adoucir le fer fondu qui en ſeroit enveloppé. J'ai donc entouré du fer fondu de cette poudre: elle l'a adouci parfaitement, & il m'a paru qu'elle l'a adouci bien plus promptement, que ne l'ont fait toutes les autres matieres. Pour tâcher de m'aſſurer de cette circonſtance, dans le fond d'un creuſet cylindrique j'ai mis de cette poudre, de ce ſafran de Mars, toute pure: dans le même creuſet j'ai mis un ſecond lit compoſé de ce ſafran mêlé avec des os; & plus haut j'ai mis des os ſeuls. Ce creuſet ayant été tenu au feu pendant quelque temps; quand il en a été retiré, j'ai trouvé que le fer fondu, de ce creuſet, le mieux adouci, étoit celui qui s'étoit trouvé au milieu du ſafran de Mars ſeul. Le mêlange de cette poudre & des os avoit fait moins d'effet, mais plus que les os ſeuls.

On pourroit ramaſſer quantité de cette poudre dans des Manufactures, où on ne ſe ſerviroit que de plaques de fer. On en pourroit même faire à bon marché. Cette poudre occupe bien un autre volume que le fer; mais après tout, il n'y a guere d'apparence qu'elle puiſſe convenir pour le travail en grand, ce ſeroit beaucoup qu'on s'en ſervît pour l'adouciſſement de quelques petits ouvrages. Mais il ne faudra pas donner le feu violent au creuſet, où elle ſera renfermée, autrement

elle deviendra une masse compacte, qui se trouvera attachée sur le fer fondu; quelques coups pourtant la détacheront, mais ce sera avec risque d'emporter quelque petite partie de l'ouvrage. Si le feu a été violent dans le fourneau, on ne trouvera plus cette poudre sur la surface des plaques; les grains se réuniront, & formeront des écailles spongieuses; & en si grande quantité, qu'on sera étonné de voir que l'épaisseur du fer ne soit pas diminuée bien sensiblement, dans des endroits d'où les écailles sont tombées, car ces écailles mises les unes sur les autres auroient plus que l'épaisseur de la plaque. Mais c'est qu'elles sont d'une tissure tres spongieuse, & beaucoup plus même qu'elle ne le paroît.



QUATRIEME MEMOIRE,

Des fourneaux propres à adoucir les ouvrages de fer fondu.

PUiſque nos ouvrages de fer fondu demandent, pour être adoucis, d'être environnés de poudres fines, il s'enſuit qu'ils doivent être renfermés dans des creuſets, comme nous l'avons toujours ſuppoſé juſques ici. Mais de cela ſeul il ne s'enſuivroit pas que les creuſets dûſſent être auſſi bien lutés que ceux où nous avons mis des barres pour être converties en acier. Pour faire de l'acier, il faut contraindre des ſoufres & des ſels à penetrer le fer, pour adoucir le fer fondu, il faut au contraire lui enlever ce qu'il a de trop des uns & des autres. Dans ce dernier cas, il ſemble donc que l'évaporation ne ſoit pas à craindre, elle eſt même à ſouhaiter; cependant les creuſets, ou capacités équivalentes dans leſquelles on arrange le fer fondu, doivent être lutées, comme lorſqu'il s'agit de faire l'acier, & cela par d'autres conſiderations. Le mêlange de poudre de charbon avec celle d'os, a été trouvé neceſſaire; ſi le creuſet avoit air le charbon ſe brûleroit. D'ailleurs c'eſt une regle generale que tout fer qui chauffe pen-

dant longtemps dans un endroit où l'air a quelque entrée libre, est sujet à s'écailler.

J'ai pourtant voulu voir si l'adoucissement ne se feroit pas plus vîte, lorsque les soufres & les sels auroient la liberté de se sublimer. J'ai pris un creuset long & étroit; je l'ai rempli de couches d'os, & de couches de fer fondu jusques environ à la moitié de sa hauteur. Là j'ai mis une cloison de terre, qui empêchoit la communication de cette partie avec la partie restante. J'ai rempli celle-là, comme l'autre, de lits d'os & de lits de fer fondu; & j'ai laissé le creuset ouvert, afin que les soufres & les sels des matieres de la moitié superieure du creuset eussent la liberté de s'évaporer. Après la durée de feu, que j'ai crû necessaire, j'ai comparé les morceaux de fonte qui étoient au bas, avec ceux qui étoient au haut. Je n'ai pas trouvé de difference asses considerable, pour faire regretter de ce que la poudre de charbon empêcheroit qu'on ne laissât les creusets ouverts.

Les mêmes raisons qui nous ont conduit à donner au nouveau fourneau à acier la figure que nous avons expliquée *, subsistent pour l'adoucissement du fer fondu. On ne doit pas moins songer à mettre la chaleur à profit, à diminuer la consommation de la matiere combustible, dans l'une que dans l'autre operation; il y faut également chauffer du métal dans des creusets bien clos à la flamme. Mais ce qui est surtout aussi necessaire pour adoucir le fer fondu que pour con-

* Mem. 4. p. 81. & suivantes.

vertir le fer en acier, c'est d'avoir la facilité d'apprendre ce qui se passe dans les creusets, de sçavoir où en sont les ouvrages, qu'on y a placés à differentes hauteurs ; & c'est à quoi servent nos especes de fenestres, nos grands trous, qui du dedans du creuset vont jusqu'au dehors, & qui reçoivent des bouchons qu'on ôte & remet à son gré. Pour plus de facilité à retirer les épreuves par ces trous, on peut retrancher une partie de l'épaisseur exterieure du fourneau à la hauteur où ces trous sont percés, faire une retraite au mur du fourneau, de la profondeur dont on la voudra.

Pour adoucir le fer fondu, nous nous servirons donc des mêmes fourneaux dont nous nous sommes servis pour convertir le fer en acier. Quoiqu'un très long Memoire ait expliqué leur construction, nous en avons reservé, à dessein, quelques particularités pour ce Memoire ici, qui servira de supplement à l'autre : ce que nous avons reservé regarde pourtant plus le fer fondu que l'acier. Par rapport à l'acier nous avons paru pencher pour les fourneaux où la chaleur est excitée par le vent des souflets, nous aimerions mieux n'employer ici que ceux où l'air entre librement. Ce n'est pas que les souflets ne fissent bien, mais si on veut s'en servir, il faut être attentif à moderer leur vent, la chaleur ne doit pas être aussi considerable dans cette derniere operation que dans la precedente ; les barres de fer en soutien-

nent un degré, qui feroit fondre encore une fois nos ouvrages de fer fondu. Après tout les trous par lesquels nous pouvons avoir vuë dans les creusets, permettent de connoître où en est la chaleur, de juger s'il est à propos de la diminuer.

Nous avons proposé, pour convertir le fer en acier, de construire des fourneaux que l'on pût charger par le côté, & nous l'avons fait executer pour adoucir les ouvrages de fer fondu *, & cela afin que dans la seconde fournée on puisse profiter de la chaleur que le fourneau a acquise dans la premiere. Une autre raison encore nous a determiné à avoir recours ici à cette disposition ; nous dirons dans un moment qu'on doit élever les fourneaux à recuire le fer fondu d'un tiers, ou meme de la moitié plus que les fourneaux à acier, & alors l'incommodité de les charger pardessus augmenteroit beaucoup.

* Pl. 15. fig. 2. & 3.

Nous supposons toujours qu'on se souvient de ce que nous avons appellé creusets dans nos fourneaux, & de la maniere dont ils sont distribués ; pour charger par le côté, tout se réduit à laisser chaque creuset ouvert d'un côté, depuis son fond, ou à peu près, jusques en haut. Si le fourneau a trois creusets, cette grande ouverture du creuset du milieu sera sur une face du fourneau *, & celles des deux autres creusets, des creusets des bouts seront sur la face opposée *.

* Fig. 2. C. D, E.

* Fig. 3. I, H, L, M.

A mesure qu'on chargera un creuset, on bouchera une partie de son ouverture. Pour cela on

aura cinq à six pieces de terre cuite *, de terre à creuset, propres à s'ajuster les unes sur les autres, & dans l'ouverture qu'on a laissée au creuset. Ces pieces feront ensemble une espece de petit mur de rapport *, qu'il sera aisé d'élever, & d'abbatre dans un instant. Chacune de ces pieces sera traversée par deux barres de fer qui sortiront en dehors de la piece, & y formeront une tête *; ce seront deux poignées qui donneront la facilité de retirer la piece à qui elles tiennent. Chacune de ces pieces aura une ouverture quarrée, qui recevra un bouchon de même figure *; c'est par ces trous qu'on verra ce qui se passera à differentes hauteurs du fourneau, & par où on en pourra retirer des épreuves.

* Fig. 5, & 6.
* Fig. 4.
* Fig. 5. P, P.
* Fig. 6. Q.

Quand nous avons donné la premiere idée de cette disposition *, nous n'avons pas manqué d'avertir, que comme elle affoiblit le corps du fourneau, qu'on doit songer à le mieux fortifier par des liens, pour l'empêcher de s'entr'ouvrir : outre les liens posés horizontalement, on posera d'autres barres de fer verticalement, dont les bouts seront recourbés, & entreront dans la maçonnerie *. Les liens horizontaux seront arrêtés sur les barres verticales, soit avec des rivets, soit avec des vis & des écrouës.

* Mem. 4.
* Fig. 2, K, K.

Mais sur tout il faut qu'une barre verticale soit placée presqu'à fleur de chaque côté de l'ouverture exterieure du creuset, & que les liens horizontaux * soient bien assemblés avec ces dernieres

* Fig. 2. I H. H I.

barres; voici ce qui y oblige. Pour avoir plus de commodité à charger, les liens horisontaux seront brisés vis à vis chacune des ouvertures; il seroit incommode de trouver devant soy, quand on charge, la partie des liens qui passe sur cette ouverture; il faut que cette partie puisse s'ôter, & se remettre. De cent manieres, dont cela peut s'executer, il suffit d'en rapporter une; près des ouvertures des creusets, chaque lien se terminera par une tête plus grosse que le reste, & percée en espece d'anneau *; dans chacun des anneaux qui sont à même hauteur, & placés de part & d'autre du bord de l'ouverture d'un creuset, entrera le bout recoudé d'une verge ou barre de fer. Cette piece mise en place rend le lien complet; ses deux bouts seront percés par des trous qui recevront des clavettes, qui les arrêteront en place, & qui même contribueront à les mieux serrer *. Ces pieces pourront s'ôter & se remettre à volonté; quand elles seront en place, le fourneau se trouvera aussi bien serré, que si tous les liens étoient d'une piece. Ces parties de rapport peuvent être assemblées avec des vis, & comme nous l'avons dit, de bien d'autres manieres.

* Fig. 2. H, H.

* Fig. 7.

Si l'air qui entre dans le fourneau n'y est pas poussé par des souflets, on multipliera les ouvertures du cendrier, on y en laissera quatre, une au milieu de chaque face; on aura des portes en bouchons pour chacune de ces ouvertures, & ces portes en bouchons tiendront lieu de registres; selon

* Fig. 1, 2. 3. A.

ſelon qu'ils ſeront en place, ou qu'ils en ſeront ôtés, il entrera moins d'air, ou plus d'air dans le fourneau.

On obligera même l'air d'entrer avec plus de viteſſe, & en plus grande quantité dans le fourneau, on lui fera produire un effet approchant de celui que lui font produire les ſouflets, mais moins dangereux, en menageant des conduits pour l'amener de loin. On connoît les eſpeces de ſouflets qu'on pratique dans quelques cheminées, & qui ſont expliqués dans la Mécanique du feu de l'ingenieux M. Gauger ; dans ces ſortes de cheminées, pour ſoufler le feu, on n'a qu'à lever une petite ſoupape qui eſt au niveau de l'âtre ; auſſitoſt que le trou eſt ouvert, le vent en ſort avec plus de viteſſe qu'il ne ſortiroit d'un ſouflet qui donneroit beaucoup de peine à agiter. Toute la mécanique de ce ſouflet ſimple depend de la communication qu'on a menagée à ce trou avec l'air exterieur : pour pratiquer quelque choſe d'équivalant dans notre fourneau, on établira le fond de ſon cendrier au-deſſous du niveau du terrain qui environne le fourneau. Et à commencer à chacune des ouvertures qui donnent entrée à l'air, on creuſera dans la terre une tranchée *, qui formera une eſpece d'entonnoir, qui depuis le fourneau ira toujours en s'élargiſſant. Ces quatre tuyaux étant ainſi creuſés, on les recouvrira pardeſſus avec des planches, & l'on recouvrira les planches elles-mêmes avec de la terre ; plus ces

* Pl. 15. fig. 1. A, A, A, A.

tuyaux de conduite d'air feront pouffés loin, & plus leurs embouchures feront évafées, & plus il y aura d'air introduit dans le fourneau.

On n'aura pourtant rien à craindre de fon activité, qu'on modérera à fon gré; on diminuëra à fon gré la quantité d'air qui tendra à paffer par chaque tuyau, ou même on l'empêchera totalement de paffer par un des tuyaux; & cela en difpofant au-deffus de chacun, dans l'endroit qui femblera le plus commode, des efpeces de portes qu'on pourra tenir enfoncées jufques au fond du tuyau, ou tenir élevées jufqu'à fon bord fuperieur. La même chofe pourra s'executer par d'autres difpofitions très-arbitraires. Ces tuyaux de conduite d'air feront plus durables, fi on les reveft interieurement de pierres, ou de carreaux de terre cuite.

Ce fourneau, qui ne fera chauffé qu'avec du bois, & deftiné aux recuits du fer fondu, pourra, & même doit être tenu au moins d'un tiers, ou de la moitié, plus haut que ceux dont nous avons donné les mefures, pour la converfion du fer en acier. La flamme du bois s'éleve bien à une autre hauteur que celle du charbon; d'ailleurs la chaleur ici n'étant pas l'effet d'une auffi grande quantité d'air introduite continuellement, les raifons qui vouloient qu'on le tint plus bas, lorfqu'on fe fervoit de fouflets, ne fubfiftent plus. Le haut de ce fourneau, quoique plus élevé, aura donc une chaleur fuffifante; d'ailleurs il pourra être occupé par les ouvrages les plus minces: or dès qu'on

donne plus de hauteur au corps du fourneau, on trouvera plus commode d'en enterrer le bas en partie, c'eſt-à-dire de le mettre au-deſſous du niveau du terrain; on en ſera plus à portée de regarder dedans le fourneau par le deſſus; & cette diſpoſition s'accommode à merveille avec celle de nos tuyaux de conduite d'air, qui engagent auſſi à le tenir iſolé.

Dès qu'on chauffera avec le bois, on pourra hardiment former les creuſets avec des plaques de fonte: on ſe rappelle, ou on ſe doit rappeller la poſition de ces plaques, nous ſuppoſerons auſſi qu'on ſçait que nous avons dit dans le 4ᵉ. memoire que plus le fourneau ſera large, & plus il faudra les prendre épaiſſes: cette épaiſſeur ne doit pourtant guere paſſer un pouce. A meſure qu'elles ſerviront elles deviendront de plus minces en plus minces; à la fin de chaque fournée, la face ſur laquelle le feu aura agi, ſera recouverte d'une couche aſſés épaiſſe, d'une poudre rouge, c'eſt un ſafran de Mars qu'on fera bien de ramaſſer; il a les proprietés du ſafran de Mars ordinaire, & eſt preparé ſans addition de ſoufres; on s'en ſervira aux uſages, où la medecine l'employe, & à quelques autres dont nous avons déja parlé. Les plaques deviennent minces par ce qui s'en détache pour fournir à cette poudre, & encore par des écailles qui s'y forment; mais malgré cette poudre & ces écailles elles durent long-temps. Plus elles ſont minces, plus elles ſont expoſées à ſe

voiler; afin qu'elles ne se courbent pas au point d'en être trop contrefaites, ce qui changeroit la figure, & les proportions des creusets, & des foyers, on aura soin de les retourner après chaque fournée; on mettra en dehors du creuset la face qui étoit en dedans; le feu les redressera, & même il les fera ensuite devenir convexes du costé où elles étoient concaves.

Si on veut les maintenir plus sûrement dans leur figure à peu près plane, sans être dans la necessité de les retourner si souvent, les précautions suivantes y contribueront: je suppose qu'elles sont de fonte grise, ou noire, qui se laisse percer, comme se laisse percer celle dont on fait les poëles, & en cas qu'elles ne soient pas de fonte de cette qualité, après qu'elles auront servi à deux fournées, on pourra toujours executer ce que nous allons proposer *. Ayant divisé leur hauteur dans le nombre de parties qu'on voudra, trois ou quatre suffiront, on tirera par ces divisions des lignes paralleles, & dans chaque ligne on percera deux ou trois trous, de quelques lignes de diamêtre; dans chacun de ces trous on fera entrer un boulon de fer; ce boulon aura une tête percée quarrement & propre à recevoir une barre de quarillon, ou d'autre fer plus mince, la tête de chaque boulon sera sur la face de la plaque, qui doit être en dedans du creuset, & leur bout passera tout au travers, jusques à l'autre face, sur laquelle il sera bien rivé: dans toutes les têtes des boulons, pla-

* Pl. 15. fig. 2.

cées ſur une même ligne horizontale, on fera entrer une barre de quarillon de longueur preſque égale à la largeur de la plaque. Il eſt déja viſible que ces barres diſpoſées d'eſpace en eſpace, maintiendront la plaque. Mais pour aſſurer encore plus l'effet des barres, afin que quand elles ſeront arangées elles ne cedent point à l'effort de la plaque, on liera en quelque ſorte enſemble les barres des deux plaques; le moyen en eſt ſimple; je ſuppoſe que les barres traverſantes ſont ſur chaque plaque à des hauteurs correſpondantes. On aura des morceaux de fenton de fer, ou de fer plus gros, dont les deux bouts ſeront recourbés, leur longueur entre les deux courbures ſera égale à la diſtance d'une plaque à l'autre; un de ces crochets ſera accroché aux deux barres à même hauteur. On ſera maître de donner à chaque barre, plus ou moins de ces liens. Un des liens peut être attaché fixement par un bout à une des barres, & entrer par l'autre bout dans un trou percé à l'autre barre. Toutes ces diſpoſitions peuvent ſe varier ſelon le genie de l'Ouvrier, on lui laiſſe à choiſir. Il mettra par exemple des clavettes, s'il le juge à propos, pour retenir les bouts des crochets. Les plaques avec cette précaution ſeront ſolidement maintenuës: l'allongement des barres & des liens ne leur permettra pas de s'étendre au point de les défigurer; & la place que tiendroient ces barres dans le creuſet, ne ſera pas aſſés conſiderable pour meriter attention.

Une plaque ſeule auroit peine à ſuffire à toute la hauteur du fourneau, ſi on le tient auſſi haut qu'on le peut, & même qu'on le doit pour profiter de la chaleur. On en diſpoſera deux, ou davantage, les unes ſur les autres. Mais alors pour empêcher plus sûrement l'entrée de la flamme, le bord d'une des plaques devroit être moulé en couliſſe, qui recevroit le bord de l'autre *; de la terre pourtant appliquée du côté interieur du creuſet pourra boucher aſsés bien les jointures pour ſuppléer à la couliſſe.

* Fig. 8. *bb*.

Ces plaques dureront plus long-temps, ſi on enduit de lut le côté qui eſt expoſé à la flamme; à la verité, il aura peine à s'y ſoutenir, à moins que la plaque ne ſoit lardée de clouds aſsés proches les uns des autres qui aideront à maintenir le lut. Si au lieu de plaques de fonte on ſe ſervoit de plaques de tole épaiſſe, il ſeroit plus aiſé de les larder de clouds, elles ſeroient plus aiſées à percer : mais la tole auſſi eſt plus chere que la fonte.

Nous avons fait valoir dans le 4e. memoire de l'art de convertir le fer en acier, l'avantage des plaques, & ſur-tout l'avantage des plaques minces, il eſt conſiderable auſſi, tant qu'on ſera obligé de laiſſer refroidir le fourneau pour le charger, tant qu'on le chargera par-deſſus; mais ſi on le charge par le côté, & encore très-chaud comme on le pourra faire aiſément, en ſuivant ce que nous avons expliqué au commencement de ce memoire;

alors il n'importera plus tant d'avoir des cloisons si minces pour former les creusets, & d'en avoir qu'on puisse ôter de place si aisément ; on bâtira des especes de petits murs, épais d'environ un pouce & demi ; on les composera, ou de petites briques de pareille épaisseur, ou même d'un seul massif de terre ; mais cette terre, & celle des briques sera toujours une terre préparée, comme celle des creusets ordinaires, & de la façon dont nous l'avons expliqué tant de fois. Sans être fort habile à manier la terre, on élevera ces cloisons, ces especes de petits murs ; sur-tout si on a une table de bois passablement unie, de la hauteur & de la largeur de la cloison ; on mettra la table de bois debout dans le fourneau, elle conduira pour appliquer la terre uniment, & l'élever bien à plomb ; mais les bouts de chacune de ces cloisons seront enclavés dans l'épaisseur du mur, dans des entailles, ou coulisses pareilles à celles qui retiennent les plaques.

Pour rendre ces cloisons plus stables, pour qu'elles soient moins en risque de se voiler, on pratiquera quelque chose de semblable à ce que nous avons proposé pour les plaques de fer ; en dedans du creuset on les tiendra plus épaisses qu'ailleurs en un ou deux endroits, depuis le bas jusques en haut ; on formera en ces endroits des especes de pilastres. Pour les assûrer encore mieux, on donnera à chaque pilastre deux ou trois parties saillantes ; ces parties saillantes seront

chacune percées d'un trou d'outre en outre, dont la direction sera verticale. Les pilastres de chaque cloison ou plaque, étant vis-à-vis de celles de l'autre cloison, & les parties saillantes de l'une à même hauteur que les parties saillantes de celle vis-à-vis de laquelle elle est placée ; les plaques serviront mutuellement à se soutenir, si on enclave un des bouts d'une verge de fer dans une des parties saillantes, & l'autre bout dans l'autre.

Une autre maniere de maintenir les plaques encore plus simple, & que j'ai trouvé suffisante, c'est de mettre dans chaque foyer, c'est-à-dire, entre les plaques de deux creusets differents une 3e. plaque de terre, ou de fonte de fer. La largeur de celle-ci sera perpendiculaire à la largeur des autres *, & égale à l'intervalle qui est entr'elles ; ce sera une espece de cloison qui divisera chaque foyer en deux parties égales ; on ne la fera pourtant pas descendre jusques au fond du foyer, jusques au bas du fourneau ; que son bout inferieur en soit à un pied, ou à neuf à dix pouces, & il en sera assés proche. Pour retenir plus solidement cette plaque en sa place, en formant les autres, on y menagera des coulisses dans les endroits contre lesquels cette troisieme plaque doit être appliquée, on les tiendra plus épaisses dans ces endroits de ce qu'il faut pour fournir aux coulisses. Si on craignoit que la plaque d'un des petits creusets ne fût renfoncée en dedans le creuset par l'effort que la plaque du creuset du milieu pourroit

* Pl. 15. fig. 1, 2, 3, E.

roit faire sur elle, par l'entremise de celle qui les touche l'une & l'autre ; on l'empêcheroit sûrement en plaçant dans chaque creuset des bouts, & d'une maniere semblable, une autre petite plaque pareille à celle qui est dans le foyer*.

* Fig. 1. F, G. Fig. 3. G.

Au reste on proportionnera la grandeur des creusets de chaque fourneau à la quantité & à la grandeur des ouvrages qu'on y veut renfermer ; nous n'avons eu nullement en vûë de gêner aux mesures des desseins. La durée du feu necessaire deviendra plus grande, à proportion de l'augmentation de la capacité, mais toujours se souviendra-t-on que, pour menager le bois, on ne doit pas élargir beaucoup les foyers, ou cheminées.

On sçait que pour chauffer il y a grande difference de bois à bois ; mais ici on doit sçavoir encore qu'il y a grande difference, pour nos fourneaux, entre du bois bien sec, & le même bois humide. L'experience l'a aussi appris à ceux qui conduisent le travail des Verreries, ils placent leur bois dans le même Angard où est le fourneau ; ces Angards sont pour l'ordinaire disposés de façon, que le bois peut être mis immediatement au-dessus du fourneau ; il y est arrangé en pile sur une espece de plancher à jour. Le degré de chaleur que prend le bois en s'enflammant doit être temperé par les parties d'eau, dont le bois humide est chargé. Si les parties enflammées qui s'élevent, s'élevent mêlées avec une plus grande quantité de vapeurs aqueuses, ces dernieres peuvent éteindre la

chaleur de quelques-unes des premieres, & moderent celle de toutes les autres.

En cas qu'on ait envie de faire en petit des adoucissements d'ouvrages de fer fondu, soit par curiosité, soit autrement, il en sera ici comme de nos essais pour la conversion du fer en acier. On aura recours au feu de la forge, ou à celui de tout petit fourneau, où l'on pourra donner un degré de chaleur considerable au fer, mais sans le faire fondre; il y a telle piece de fer qui sera adoucie de la sorte en deux ou trois heures. On se servira des creusets de la grandeur, & de la forme la plus convenable aux pieces qu'on y voudra renfermer.

La maniere d'arranger les ouvrages de fer fondu dans le fourneau, ne demande aucune explication; nous avons dit ailleurs qu'on ne sçauroit trop mettre de notre mêlange d'os, & de charbon pulverisés, mais qu'il y en assés, quand il y en a suffisamment pour séparer les pieces. Il seroit aussi inutile d'avertir de placer les pieces les plus épaisses, & celles qui ont besoin d'être le plus adoucies, dans les endroits ou la chaleur est la plus vive. Mais nous avertirons de bien ôter tout le sable qui pourroit être resté sur chaque piece, quand on l'a tirée du moule; les endroits où on en aura laissé ne s'adouciront point, ou s'adouciront beaucoup moins que le reste; d'ailleurs si le sable vient à fondre, il formera un enduit qui s'étendra beaucoup par-delà l'endroit où il a été mis; s'il ne rend pas la piece plus dure, il la couvrira d'une matiere qui sera souvent difficile à détacher.

Après avoir bien essayé si une chaleur moderée & plus longue ne produiroit point de meilleurs effets, pour nos adoucissements, qu'une chaleur plus violente, je me suis convaincu que la chaleur ne sçauroit être trop grande, pourvû qu'elle ne le soit pas au point de faire fondre les pieces. Mais on ne peut encore donner de regles generales sur la durée du feu que demandent les ouvrages pour être adoucis : outre qu'elle doit être plus grande, quand les ouvrages sont plus épais, c'est qu'ils ne demandent pas tous à être adoucis au même point. Pour sçavoir si les plus épais le sont au point où on les veut, & pour s'assûrer si la chaleur n'est point trop foible, ou si elle n'est point trop violente, lorsqu'on chargera le fourneau, on aura soin de placer, à la hauteur de chacune des ouvertures des morceaux de fer fondu de differentes épaisseurs, du plus blanc, & du plus affiné ; qui puissent être retirés aisément ; ceux-ci serviront à instruire de l'état des autres. Il n'importe point qu'ils soient façonnés en ouvrages, il importe même qu'ils soient peu contournés, ils en seront plus faciles à ôter de place, sans rien déranger dans l'interieur du fourneau. De toutes les formes, la plus commode qu'on leur puisse donner, c'est la ronde. Je les fais mouler en petits cylindres, en forme de baguettes *, qui ont chacune de longueur au moins la moitié de celle du fourneau ; & je fais faire de ces baguettes de differents diamêtres ; celui de quelques-unes est

* Pl. 16. A, B, C.

presqu'égal à l'épaisseur des plus grosses pieces qui doivent être adoucies jusqu'au centre. Les petites apprennent si les pieces minces ne sont pas en danger de fondre ; c'est ce qu'on voit surtout sur les barbes qui sont restées à ces baguettes ; quand on les a retirées du moule, elles ont tout du long de deux côtés, diamêtralement opposés, une petite feüille de métal, qui s'est moulée dans les vuides, que ne manquent guere de laisser les deux parties du moule, quelque exactement qu'on les ait appliquées l'une sur l'autre ; il n'y a certainement rien de plus mince dans le fourneau que ces petites barbes, & par consequent rien qui soit plus en risque de fondre.



Explication de la quinzieme planche.

ELLE represente un fourneau propre à adoucir les ouvrages de fer fondu, dont les creusets se chargent par les côtés. Ce même fourneau peut aussi être employé à convertir le fer en acier. Il doit être isolé de façon qu'on puisse tourner librement tout autour.

La fig. 1. est le plan de ce fourneau.

A, A, A, A. *Les quatre conduits par où l'air entre dans le fourneau. On les prolongera autant que le terrain le pourra permettre; & de même on les fera plus ou moins évasés.*

B, B. *Ouvertures par où on met le bois.*

C, D. *Les deux plaques ou cloisons qui, ensemble, forment le creuset du milieu.*

E, F. *Les deux plaques qui, avec une des faces interieures du fourneau, composent les creusets des bouts,* E H, F G.

E C, D F. *Deux plaques qui servent à maintenir, à empêcher de se voiler, celles entre lesquelles elles sont posées. On remarquera que dans les endroits où elles portent contre ces autres plaques, contre les plaques des creusets, qu'il y a des coulisses, qui servent à les empêcher de glisser à droite, ou à gauche.*

F G. *Petite plaque, qui comme les plaques* D F, E G, *arcboute la plaque* F, *du creuset du bout.*

La fig. 2. represente le fourneau en perspective, vû

du côté où est l'ouverture par où on charge le creuset du milieu.

A. *Ouverture qui donne entrée au vent.*

B, B. *Portes par où on met le bois.*

C, D, E, E. *L'ouverture par où on charge le grand creuset, le creuset du milieu.*

F, F. *Les deux petites plaques, mises pour empêcher les plaques des creusets d'avancer, en se courbant, dans les foyers. Elles ne descendent pas, à beaucoup prés, jusques au bas des grandes plaques.*

G. *Marque l'ouvrage dont on a commencé à charger ce creuset.*

IH, IH, IH. *Les liens du fourneau, dont on peut augmenter le nombre à volonté. Ils sont brisés en* H, *& dans le même endroit ont chacun une espece d'anneau.*

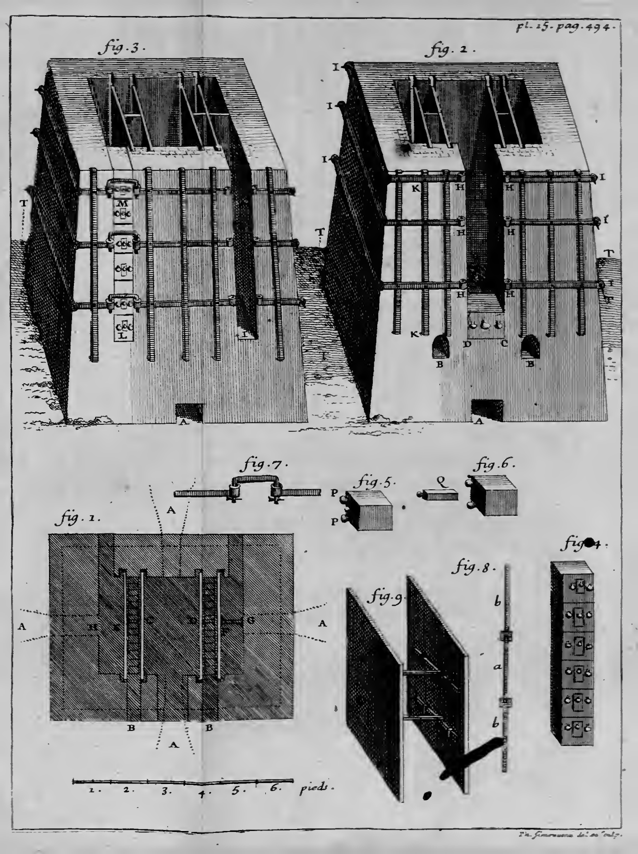
KK. *Une des barres verticales, dont les deux bouts sont engagés dans la maçonnerie du fourneau; & sur lesquelles les liens sont assujettis, soit avec des rivets, soit avec des vis.*

TT. *Est le terrain qui se trouve élevé des deux côtés audessus du plan du fourneau. Il pourroit aussi couvrir l'ouverture* A, *l'enterrer.*

La fig. 3. reperesente encore le fourneau en perspective, & vû du côté opposé à celui qui paroist dans la fig. precedente; elle le represente vû du côté où l'on charge les petits creusets.

A. *Est encore ici une des ouvertures par où l'air entre dans le fourneau.*

F, F. *Les petites plaques qui soutiennent les grandes.*



Th. Simmoneau del. et sculp.

G. *Autre petite plaque par laquelle on arcboutera aussi, si l'on veut, les plaques des creusets des bouts.*

I K. *L'ouverture d'un des creusets des bouts. La partie de chaque lien, qui doit passer sur le creuset chargé, ne se trouve point ici.*

L M. *Montre en place toutes les pieces de terre, qui bouchent en entier l'ouverture du creuset lorsqu'il est chargé. Ici les liens passent sur ces pieces de terre.*

La fig. 4. est composée de toutes les pieces de terre, qui arrangées les unes sur les autres, forment le mur du rapport qui doit boucher dans la fig. 2. l'ouverture C, D, E, E.

La fig. 5. est une de ces pieces de terre. P P, *Les poignées au moyen desquelles on la tire du fourneau.*

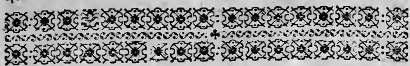
Fig. 6. la même piece à qui on a ôté son bouchon. Q, *Ce bouchon.*

La fig. 7. fait voir comment se rapportent les parties brisées des liens qui passent au dessus des ouvertures des creusets.

La fig. 8. est une coupe de trois plaques, mises les unes sur les autres. La plaque a *entre dans des coulisses des plaques* b. b.

La fig. 9. montre comment on peut lier ensemble les deux plaques du creuset du milieu pour les empêcher de se voiler.

On suppose qu'on mettra des couvercles aux creusets, & au fourneau, semblables à ceux qui ont été representés dans les pl. 3. 4. & 5. il eût été inutile de les repeter ici.



CINQUIEME MEMOIRE,

Des precautions avec lesquelles on doit recuire les ouvrages de fer fondu. Des changements que les differents degrés d'adoucissement produisent dans ce fer. Comment on peut redonner aux ouvrages de fer fondu la dureté qu'on leur a ostée. Et comment on peut, & jusques à quel point, adoucir le fer forgé.

A mesure qu'on a rempli le fourneau des ouvrages qu'on y veut adoucir, qu'on l'a chargé, nous avons fait mettre des baguettes de fer * à la hauteur de chacune de ces ouvertures qui se ferment par des bouchons aisés à ôter. Entre ces baguettes, il y en a dont le diametre approche de l'épaisseur des pieces les plus massives, & d'autres plus menuës. Ce sont ces differentes baguettes qui doivent nous instruire de l'effet que le recuit a produit sur les ouvrages; mais pour être en état d'en juger, nous avons besoin de connoître quels sont les changements successifs que ce recuit opere dans le fer qu'il adoucit; car alors nous n'aurons plus qu'à observer sur les cassures des baguettes que nous aurons retirées, si les changements

* Pl. 16. A, B, C.

changements, qui dénotent l'adouciſsement, y ont été faits. Nous devons ſçavoir auſſi juſques à quel point les differentes eſpeces de fer fondu peuvent être adoucies.

Quand on a retiré du fer fondu du fourneau, & qu'on l'a laiſſé refroidir, à la ſeule inſpection de l'exterieur, on peut juger s'il a été adouci en partie, ou s'il ne l'a pas été du tout. Le fer qui s'eſt refroidi dans le moule, où il a été coulé, a une couleur bleuâtre, d'un bleu ardoiſé; s'il a conſervé cette couleur, ou ſi après lui avoir été ôtée par une ſorte de roüille ou autrement, elle lui eſt revenuë dans le fourneau, ce fer n'eſt point du tout adouci. La premiere maniere d'eſſayer s'il eſt adouci, c'eſt de le tâter avec la lime; la lime mord rarement ſur celui qui a cette couleur bleuâtre. Mais ſi la couleur eſt terne, d'un brun tirant ſur le caffé, ou plus noirâtre, on peut compter ſûrement que ſa ſurface eſt douce.

Le fer fondu dont la ſurface a pris une couleur brune, eſt donc devenu du fer limable, au moins auprès de ſa ſurface, il y eſt adouci. Caſſons-le pour obſerver les changements ſenſibles qui ſe ſont faits dans ſon interieur, mais commençons par caſſer un morceau qui ne ſoit pas adouci à fond *; nous trouverons un changement de couleur dans toute la caſſure; ſi la fonte étoit blanche, elle ſera moins blanche; ſi elle étoit griſe, elle ſera devenuë plus brune, & preſque noire: la fonte qui étoit noire, devient d'un noir foncé.

* Pl. 16. E.

On fera cette comparaiſon de couleur sûrement, ſi on conſerve des morceaux des mêmes baguettes, que nous avons miſes dans le fourneau. Ce chanment de couleur s'eſt étendu juſques au centre d'un morceau, avant qu'il s'y ſoit fait aucun adouciſſement conſiderable, il le precede ſouvent de long-temps; à peine la plus mince couche de la ſurface plus mince que du papier, eſt adoucie, que tout a changé de couleur comme nous venons de le dire.

Mais le changement le plus remarquable qui ſe fait dans le fer pendant l'adouciſſement eſt celui de ſa tiſſure, celle de la fonte blanche, qui étoit compacte, où on ne voyoit point de grains, ou à peine pouvoit-on diſtinguer quelques lames, même avec le microſcope, devient plus rare; tout au tour de ſa ſurface, on apperçoit un cordon compoſé de grains *; par tout où cette fonte a pris des grains elle eſt adoucie. Inſenſiblement les grains s'étendent, & gagnent juſqu'au centre *. Quand tout l'interieur juſqu'au centre eſt parvenu à être grainé, le fer fondu y eſt adouci; il eſt limable par tout où il a pris des grains; mais d'abord, dans les endroits qui commencent à s'adoucir, les grains n'y ſont que parſemés, ils ſont écartés les uns des autres. A meſure que l'adouciſſement avance la quantité des grains ſe multiplie en chaque endroit, ils y deviennent plus preſſés les uns contre les autres *. A meſure auſſi que l'adouciſſement continuë, la couleur du fer fondu devient plus terne, celle de la fonte blanche, & la plus

* Pl. 16. E.

* F.

* G.

blanche devient plus griſe que celle de l'acier ordinaire, que même celle de l'acier le plus difficile à travailler. Mais une ſingularité à remarquer, c'eſt qu'au milieu de ces grains, il y a des endroits parſemés de grains plus gros & très-noirs, elle en eſt toute piquée *.

* K, K, L.

Suivons encore le changement un peu plus loin; le feu, le recuit a rendu nôtre fer fondu d'une couleur plus terne; ſi on continuë ce recuit plus long-temps, il ſe forme autour de ſa ſurface, un cordon blanc, brillant, d'une couleur plus claire que celle de l'acier, en un mot qui approche de celle des fers blancs à lames; ce cordon eſt auſſi composé de lames, qui laiſſent entr'elles des vuides, comme en laiſſent les lames du fer de notre ſeconde claſſe; auſſi ce cordon eſt-il un veritable cordon de fer, qui ſeroit malleable comme le fer ordinaire.

Enfin le recuit eſt-il encore pouſſé plus loin, le cordon blanc s'étend *, tout l'interieur reprend des nuances de plus claires en plus claires, & enſuite de la blancheur. Mais ce qu'il y a encore plus à remarquer c'eſt le changement de tiſsure qui continuë à ſe faire; il y a des fers fondus dont la caſsure devient préciſément ſemblable à celle des fers à lames de la premiere & de la ſeconde eſpece. Il ne ſeroit nullement poſſible en comparant la caſsure de ces fers avec celle de nos fers fondus, de décider leſquels ſont des fers fondus; elles montrent l'une & l'autre des lames très-gran-

* K, [illegible]

des, mêlées avec de plus petites, & d'un très-grand éclat ; s'il y a quelque avantage du costé de la blancheur & du brillant, il est en faveur de notre fer fondu. D'autres fers fondus, après de longs recuits, ont des cassures semblables à celles des fers à grains*; elles sont moins blanches, & moins brillantes, que celles des autres fers fondus, mais toujours au moins aussi blanches que celles des fers forgés à qui elles ressemblent, aussi sont-elles redevenuës à l'état du fer forgé.

* Pl. 16. M.

Arrêtons-nous encore à remarquer les changements qui se sont faits dans nos fontes blanches à mesure qu'elles ont changé de tissure & de couleur. Nous n'avons pas parlé jusques ici assés noblement de nos ouvrages de fer fondu, au moins si l'acier est plus noble que le fer ; ils sont, quand on le veut, des ouvrages d'acier, semblables à ceux d'acier ordinaire ; & il est plus difficile, ou au moins plus long de les ramener à être de fer commun C'étoit une consequence nécessaire de tout ce que nous avons reconnu de la nature de l'acier, de celle du fer, & de celle de la fonte, que nos fontes en s'adoucissant devoient devenir acier semblable à l'acier ordinaire ; elles le sont aussi lorsqu'elles ont pris une couleur terne, & que leur cassure paroît composée de grains*. Si ces fers, rendus limables, sont chauffés & trempés comme l'acier ordinaire, ils prennent de même de la dureté par la trempe ; quand ils sont sortis de l'eau la lime n'a plus de prise sur eux ; & si on

* F, G.

les chauffe ensuite sur les charbons, ils redeviendront limables, comme le redeviennent les aciers ordinaires; en un mot notre fonte est alors transformée en un veritable acier, pareil à l'acier commun.

Mais ce nouvel acier ne doit pas être d'une condition plus durable que l'autre, on doit le détruire, le ramener à être fer *, le mettre hors d'état de prendre la trempe, en continuant à lui enlever ses soufres, ou ce qui est la même chose, en continuant à le recuire; c'est aussi ce qui ne manque pas d'arriver : dès que le cordon gris, composé de grains, est devenu blanc, & composé de lames, alors il est fer : qu'on le trempe en cet état, & on trouvera précisément ce qu'on a trouvé dans nos aciers qui ont été adoucis par des recuits, qui sont devenus enveloppés d'une couche de fer; après la trempe la lime mordera sur la premiere surface, elle est fer; mais elle ne mordera pas par-delà l'endroit où cesse le cordon de fer. Si après avoir endurci par la trempe le centre de notre morceau de fer fondu, on le met sur les charbons, qu'on le fasse rougir, & qu'on l'y laisse refroidir lentement, il y redeviendra limable, comme l'est l'acier ordinaire non trempé.

* Mem. 8. sur l'acier.

Si l'ouvrage de fer fondu est épais, on peut donc dans le même endroit de la cassure avoir du fer dans tous les états, & cela par le moyen du recuit. La surface pourra être fer, ce qui suivra sera acier, & le centre, s'il n'a pas encore été adouci, sera resté fonte.

De tout cela il résulte que, si on pousse l'adoucissement seulement jusques à un certain point, l'ouvrage de fer fondu est devenu un ouvrage d'acier; que si on pousse le feu plus loin, il est d'acier revêtu de fer, & enfin un adoucissement encore plus long, le rend pur fer.

Nous parcourerons les usages qu'on doit faire du fer fondu ramené à ces differents états, pour differents ouvrages; mais pour la plus grande partie, ils ne le demandent que ramené à être acier; de sorte que réellement nos ouvrages de fer fondu deviennent des ouvrages d'acier. Comme ce nouveau nom n'ajoûteroit rien à leur merite, laissons leur pourtant l'ancien.

Notre fer fondu, qui a été mis blanc dans le fourneau, y est d'abord devenu d'une couleur terne, il y a ensuite pris des nuances de plus brunes en plus brunes, en continuant à s'adoucir. Devenu brun, ou gris, jusques à un certain point, & continuant toujours à s'adoucir, il a ensuite commencé à prendre des nuances blanches, & de plus blanches en plus blanches, & enfin il est arrivé à être plus blanc qu'il ne l'a jamais été.

On demandera apparemment pourquoy le fer qui commence à s'adoucir devient de moins blanc en moins blanc, & on demandera surtout pourquoi étant devenu gris, brun, jusques à un certain point, il retourne au blanc? voici ce me semble ce qu'on peut dire de plus probable pour expliquer la raison de ce retour: Quand le fer fondu

a commencé à souffrir le recuit, sa tissure étoit égale, toutes ses parties étoient à peu près également penetrées de soufres & de sels, il n'y avoit ni grains, ni lames visibles, & alors il paroissoit blanc. Le feu a-t'il agi sur ce fer pendant un certain temps, il paroît grainé; les soufres & les sels qui se sont évaporés, ont trouvé des routes plus commodes en certaines directions que dans d'autres; en se faisant passage, ils ont divisé par parcelles la masse du fer, & c'est cette espece de division qui produit la grainure qui paroît alors. De cela seul, que ce fer est devenu grainé, il doit paroître moins blanc, qu'il ne le paroissoit; mais outre cela chacun de ses grains est devenu plus spongieux; d'ailleurs des soufres qui penetroient ses parties ci-devant, & qui sont en route pour les quitter, les soufres qui ont quitté les parties élementaires, peuvent faire encore une alteration dans sa couleur. Nous avons donc assés de quoi le rendre brun, & de plus brun en plus brun, dès que nous l'avons réduit en grains, & que nous avons même rendu chacun de ses grains plus spongieux.

Nous avons rapporté en passant, comme une singularité, qu'il paroît parsemé en certains endroits de grains tres noirs, * ces grains noirs peuvent eux-mêmes nous faire voir d'où vient la couleur brune du reste. Je les ai observé au microscope, & alors je n'ai plus trouvé de grains dans ces endroits, mais j'ai vû que ce que je prenois

* Pl. 16. L.

pour des grains noirs étoient des cavites beaucoup plus considerables que celles qui sont ailleurs. Des cavites plus petites, & posées plus proche les unes des autres, ne donneront donc qu'une couleur brune, ou terne à nôtre fer fondu.

Il est plus difficile de voir, ce qui va le ramener au blanc. La difficulté pourtant seroit plus considerable, si, devenu blanc pour la seconde fois, il avoit son premier blanc, & sa premiere tissure. Mais on observera que ce dernier blanc, est un blanc vif & éclatant, au lieu que le premier étoit mat. D'ailleurs, au lieu que la premiere tissure étoit égale, la derniere est tres-inégale. On lui trouve, ou des grains qui laissent entre eux des vuides, ou des lames separées les unes des autres par des vuides encore plus grands; & on n'y voyoit rien de pareil, quand il a été mis au feu. Les vuides qui restent entre les grains & les lames, & qui n'y étoient pas auparavant, ne sont pas certainement les places qui ont été abandonnées par les soufres & les sels, ils n'étoient pas ainsi amoncelés. Mais il faut concevoir que les grains qui étoient spongieux, quand les soufres ont été évaporés, sont ensuite devenus plus compactes; les parties du métal aïant été mises dans un état approchant de celui de la fusion, se sont touchées les unes les autres, & collées les unes contre les autres; il n'y a donc plus eu alors autant de vuide dans chaque grain, dans chaque lame, & il s'en est fait de plus grands entre les grains &

les

les lames. Mais les grains visibles par eux-mêmes, dès qu'ils sont devenus d'une tissure plus serrée, sont devenus plus blancs, & d'un blanc plus vif & plus éclatant que celui qu'ils avoient d'abord, parce que les parties métalliques ne sont plus mêlangées, avec autant de matieres étrangeres.

Une des premieres fois que je commençai à adoucir le fer en grand, celle même où je fus dérangé par les écailles, il y eut un évenement qui me paroit bien meriter d'être rapporté, & dont l'explication eût été embarassante, si elle n'eût été precedée des observations dont nous venons de parler. Parmi les ouvrages qui étoient dans le fourneau, il y avoit plusieurs grands marteaux de porte cochere *. Ces marteaux étoient pesants, comme il convenoit à leur grandeur & à leur épaisseur. Lorsque je les retirai du fourneau, je ne fus pas peu surpris de les trouver legers; de massifs que je les y avois mis, ils étoient devenus creux; ce n'étoient plus que des tuyaux contournés *; tout leur interieur s'étoit vuidé; ils avoient pourtant conservé leur forme exterieure; ils n'avoient perdu que quelques feüillages, qui s'en étoient allés avec les écailles; regardés attentivement, on remarquoit quelques petits trous * par où la matiere de l'interieur s'étoit écoulée, aprés être devenuë fluide. Il n'est pas merveilleux que ces marteaux fussent devenus plus legers, une partie de la matiere, dont ils étoient composés, s'étant écoulée, mais il le paroit que ce soit la matiere qui oc-

* Pl. 16. Q Q, OO, PP.

* R, S, T.

* T.

cupoit l'interieur, & même le centre qui eût été rendue fluide, pendant que les couches exterieures avoient conservé leur solidité; il est contre l'ordre que la fusion commence par l'interieur. Les couches interieures n'ont de chaleur que celle qu'elles reçoivent des couches exterieures; elles peuvent au plus en avoir autant, mais elles ne sçauroient en avoir davantage. Pour le denouement de ce fait, il suffit neantmoins de se souvenir que le fer forgé ne sçauroit être mis en fusion par le feu ordinaire, & concevoir que la chaleur n'a été assés violente dans notre fourneau, pour rendre la fonte fluide, qu'aprés qu'une certaine épaisseur de nos marteaux a été adoucie, a été convertie en fer forgeable, ou en acier. La chaleur a eu beau alors augmenter, les marteaux ont conservé leur forme exterieure: leur interieur étoit de la fonte qui se trouvoit renfermée dans une sorte de creuset de fer non fusible, & clos de toutes parts; elle s'est liquefiée dans ce creuset; & dans les endroits, où il étoit le plus mince, le plus foible, aprés avoir ramolli les parois de cette espece de creuset, elle les a forcé à ceder; elle s'est ouverte des passages, par lesquels elle a coulé dans le fourneau, ou dans le creuset commun à toutes les pieces. J'ai trouvé cette fonte dans le bas du fourneau en masse informe.

Peut-être mettra-t'on cette observation à profit, pour donner de la legereté à certains ouvrages de fer fondu qui seroient trop pesants.

Si après avoir amené leurs premieres couches à être acier, ou fer forgé, on pousse le feu plus violemment, leur interieur fondra asses vîte. Il n'arrivera pas même pour cela, à la surface de s'écailler, s'il y a de la poudre de charbon mêlée avec la poudre d'os; la poudre d'os étoit seule, lorsque le fait precedent arriva.

Pour m'assurer que cette experience n'étoit point l'effet d'un hazard singulier, ou pour parler plus exactement, d'un concours de causes difficiles à rassembler, j'ai cherché à changer des cylindres massifs en des tuyaux creux. Pour cette experience, j'ai pris des morceaux de ces mêmes baguettes * que nous avons employées pour les épreuves. J'ai mis de ces morceaux de baguette, dans de petits creusets, où ils étoient entourés de la composition propre à adoucir. Ces creusets étoient exposés au feu d'une forge ordinaire, & entierement couverts de charbons. Je leur ai fait donner d'abord un feu moderé propre à les adoucir; quand j'ai estimé que ce feu avoit suffisamment produit d'effet, qu'il avoit tiré les premieres couches de nos cylindres de l'état de fonte de fer; j'ai fait augmenter le feu au point necessaire pour rendre liquide de la fonte de fer. Celle qui occupoit le centre de nos cylindres l'est devenue aussi, & devenue liquide elle a abandonné le milieu du cylindre, qui a été transformé, comme j'avois travaillé à le faire, dans un tuyau cylindrique *.

* X, Y.

* Z.

Cette experience faite pour ainsi dire à tâtons, ne m'a pas pourtant toujours réussi; quelquefois j'ai fait agir trop tard le feu violent, dans le temps que les cylindres avoient été adoucis, jusques au centre, alors ils ont conservé leur solidité. Quelquefois j'ai fait donner trop tôt le feu vif, & alors tout s'est fondu, la couche adoucie, devenue fer commun, étant trop mince, a été un creuset trop foible pour contenir le métal fondu. Mais veut-on une maniere immanquable de la faire réussir? qu'on retire du fourneau, où on a mis des baguettes pour épreuves, de ces baguettes; qu'on les casse, & qu'on voye sur leur cassure, quelle partie de leur épaisseur est adoucie; si cette épaisseur paroît suffisante, qu'on donne à ces baguettes un feu violent, comme nous venons de l'expliquer, & on les rendra creuses. L'expedient que nous proposons pour ces baguettes, sera general pour toutes les especes d'ouvrages; on peut y laisser des jets de fonte, qui étant cassés instruiront de l'état du reste. Mais le succés sera d'autant plus sûr que les pieces seront plus épaisses; cela même est une circonstance heureuse, car ce ne sera guere que pour les pieces épaisses qu'on pourra tirer avantage de cette observation. Avant de la quitter, remarquons encore qu'on pourra faciliter la sortie de la matiere qui se fondra au milieu d'une piece, & donner à cette matiere fluide issue par quel endroit on voudra; on fera l'un & l'autre en couvrant cet endroit d'un petit enduit de sable, ou

de quelque matiere, moins propre à avancer le radouciſſement, que ne le ſont nos compoſitions*. * Y.

Entre les ouvrages qu'on peut faire de fer fondu, il y en a qui ne demandent à avoir que leurs premieres couches adoucies ; tels ſont ceux qui n'ont beſoin que d'être travaillés à la lime, aux ciſeaux & ciſelets ; qui ſont deſtinés à des uſages, où ils fatiguent peu, ou qui étant tres épais, ſont par leur épaiſſeur ſuffiſamment en état de réſiſter. Car quoique le fer fondu ſoit naturellement caſſant, il peut réſiſter par la groſſeur de ſa maſſe. On fait actuellement, ſans autre préparation, des enclumes de fer fondu, qui ſoutiennent les coups des plus peſants marteaux ; on pourroit frapper rudement de groſſes maſſes de verre, ſans les caſſer. Il ſeroit inutile de donner un recuit long aux pieces qui ne demandent que ce leger adouciſſement.

D'autres ouvrages de fer fondu veulent être adoucis juſqu'au centre ; tous ceux qu'on doit percer de part en part avec le foret ſont dans ce cas; tous ceux où il faut tailler des écrouës ; la durée du feu les amenera toujours à ce point quand on voudra.

Enfin d'autres ouvrages ont non ſeulement beſoin d'être adoucis, mais ils ont beſoin de devenir moins caſſants, d'acquerir de la ſoupleſſe juſqu'à un certain point ; c'eſt ce que nous appellerons ici prendre du corps, comme nous l'avons fait en parlant de l'acier. Ceux qui demandent à acquerir une ſorte de flexibilité, doivent

être flexibles ou à chaud, ou à froid; comme on ne jette des ouvrages en moule, que pour n'avoir pas la peine de les forger, la souplesse qu'on doit exiger des ouvrages de fer fondu, pour être travaillés à chaud, n'est pas qu'ils se laissent forger entierement, que l'on puisse changer tout-à-fait leur figure, ce seroit perdre les avantages de nôtre art; mais il y a des circonstances, où une piece, pour être ajustée dans la place où on la veut, pour être assemblée avec une autre, a besoin d'être courbée, ou redresſée, d'être quelque part un peu applatie; des fleurons, ou d'autres ornements qu'on veut placer dans des grilles sont souvent dans ce cas. Les ouvrages de fer fondu, qui auront été adoucis jusques au centre, peuvent être chauffés couleur de cerise, & alors, pourvû qu'on les traite doucement, ils se laisseront plier & applatir.

Quoique les ouvrages soient adoucis, ils peuvent ne l'avoir été que jusqu'à un point, tel que si on leur donnoit une chaude suante, ils creveroient sous le marteau, ils resteroient pleins de fentes; par l'adoucissement ils deviennent d'abord aciers, mais ils commencent par être aciers intraitables, aciers des plus difficiles à forger; enfin on les ramene à être des aciers de qualité approchante de celle des aciers ordinaires, & même à la nature du fer forgé, si l'adoucissement est poussé plus loin.

J'en ai pourtant trouvé, qui ramenés même à l'état du fer forgeable, ne se laissoient quelquefois forger, que comme des aciers difficiles à tra-

vailler, & cela n'eſt pas étonnant; il y a des fers ordinaires difficiles à forger; les parties de notre fer, qui doit ſon état au radouciſsement, ſont écartées les unes des autres, elles laiſsent entre elles des vuides; ſçavoir, une partie des eſpaces qui étoient occupés par les ſels & les ſoufres qui lui ont été enlevés; chauffe-t-on ce fer à un grand dégré de chaleur, & le veut-on forger rudement, on écarte des parties mal unies; quelques-unes ſe détachent, il ſe fait des crevaſses. En réïterant les chaudes on parviendroit à réunir ces endroits gerſés, comme on réunit enſemble deux morceaux de fer differents; mais, nous le repetons, nos ouvrages de fer fondu ne demandent pas d'être façonnés au marteau; on ne moule point le fer pour avoir la peine de le forger. Ils peuvent au plus demander à y être un peu redreſsés, & il ſera facile de les mettre en cet état.

Par l'adouciſſement, j'ai pourtant mis du fer fondu en état de ſe laiſſer travailler à chaud, comme eût fait du fer en barres; après avoir été forgé, il ne laiſſoit voir aucunes fentes, aucunes gerſures; mais pour l'amener à ce point, il faut continuer le recuit bien plus long-temps qu'il ne ſeroit neceſſaire, pour donner au fer fondu la moleſſe qui donne priſe aux ciſeaux & aux limes.

On ſera plus ſi les pieces ſont minces; ſi on réïtere les recuits aſsés de fois, après avoir ramené ces pieces à la condition du fer forgé, on leur fera acquerir une ſoupleſſe qui, à froid,

surpasse celle de certains fers : j'ai souvent si bien adouci des pieces minces, comme sont des gardes d'épées, des dessus de tabatieres, que je les ai conduites au point de se laisser plier en deux à coups de marteau ; il y a bien des pieces qui étant faites de diverses sortes de fer forgé, n'auroient pas eu une si grande souplesse. Des recuits poussés plus loin donneront aussi une sorte de flexibilité, du corps jusqu'à un certain degré, aux pieces épaisses, surtout si elles sont de certaines especes de fonte.

Outre l'avantage du corps que le fer fondu retire des recuits poussés plus loin que le travail de la lime ne le demanderoit, il en retire un autre; nos observations nous ont appris que le fer commencé à adoucir, & même devenu très-limable, a une couleur terne, grise; mais que si le recuit est continué, que cette couleur s'éclaircit, & qu'enfin la couleur la plus blanche, & la plus vive, que le fer puisse prendre, lui succede. Si on a ôté le fer du fourneau dans le premier état d'adoucissement, il est évident que les ouvrages reparés, avec quelque soin qu'on les polisse, n'auront pas une couleur si blanche, que si le fer eût été pris dans l'état du second adoucissement. Si cependant les ouvrages qu'on veut adoucir, n'ont besoin, après l'adoucissement, que d'être reparés, qu'il ne faille pas les percer, ni en emporter des couches épaisses, il ne sera nullement necessaire que le recuit donne de la blancheur à tout l'interieur du fer ; c'est alors

alors à la surface à qui on a affaire, & nous sçavons asés, qu'heureusement l'adoucissement, & par consequent les nuances de blanc, commencent par là.

Nous avons supposé tous nos ouvrages de fonte blanche; ceux de fonte grise, ou même noire, limables avant le radoucissement, sembleroient promettre encore un adoucissement plus considerable; tout au plus craindroit-on pour eux, qu'étant déja de couleur brune, & qui le devient encore davantage par le premier recuit, ils ne fussent des fers d'une vilaine couleur. Mais ce n'est pas par où ils pechent le plus; ces ouvrages, déja traitables à la lime avant d'avoir été recuits, recuits sont à la verité plus limables; mais quelques adoucis qu'ils soient, ils ne prennent jamais le corps des ouvrages de fonte blanche. Les fontes grises ne peuvent guere, par le radoucissement, être ramenées à se laisser forger à chaud; & encore moins à prendre un degré de souplesse qui permette de les plier à froid, comme nos fontes blanches. Nous avons vû qu'elles different des blanches, parce que les parties métalliques y sont mêlées avec plus de parties terreuses, de parties vitrifiées; le recuit ne les dépoüille point de ces matieres terreuses, la fusion est le grand moyen de le faire. Quand elles ont été radoucies, quand leurs soufres leur ont été enlevés, elles sont plus limables qu'elles ne l'étoient; la lime mord bien sur le verre; mais ces parties terreuses, ces parties vitrifiées, tou-

jours roides, toujours inflexibles, qui ne ſont nullement forgeables de leur nature, empêchent les parties métalliques d'avoir aſsés de liaiſon entre elles pour ſe laiſser plier, ou forger. Si cependant on pouſse, juſqu'à un certain temps, le recuit de ces fontes, la couleur brune, & même la couleur noirâtre qu'elles avoient naturellement, & qui étoit devenuë encore plus foncée dans le commencement du recuit, s'éclaircit, & elle ſe change enſuite dans une couleur blanche; mais qui ne m'a jamais paru ſi blanche, ni ſi éclatante que celle à laquelle arrivent les fontes plus pures naturellement.

Au reſte toute fonte ne ſera pas capable d'acquerir un égal degré de flexibilité, quoiqu'elle prenne au recuit la même nuance; il y en a qui doivent l'emporter beaucoup ſur les autres de ce côté là; il y a des fers forgés incomparablement plus flexibles les uns que les autres; il eſt probable que les fontes qui donnent les fers forgés les plus liants, donneront auſſi les ouvrages de fer fondu qui auront le plus de corps. J'ai trouvé des fontes qui ſont devenuës flexibles à un point qui m'a ſurpris; il n'y a point de fer qui ſe laiſsât mieux plier que les morceaux des fontes dont je veux parler; mais malheureuſement j'ignorois le fourneau d'où ils étoient venus. Auſſi eſt-ce une ſuite d'experiences, qui reſtent à faire, que d'éprouver les fontes de differents païs, qui prendront plus de corps par les recuits; & ce ſont des ex-

periences qui se feront necessairement à mesure que notre art s'étendra; mais la présomption est actuellement pour les fontes qui donnent des fers fibreux.

Nous avons dit que la plûpart des fontes qu'on a jusqu'à present coulé en moule en sortant du fourneau, où la mine a été fonduë, sont des fontes grises. Mais si à l'avenir on veut mouler de la fonte immediatement à la sortie du fourneau, on choisira les mines qui donnent la plus blanche, & on la rendra encore plus blanche, & le plus liquide qu'il sera possible. La qualité des mines entre au moins pour quelque chose, & peut-être pour beaucoup dans la couleur de la fonte. Nous avons des Provinces comme le Berry, dont presque toute la fonte est blanche, & nous en avons d'autres, comme le Nivernois, dont presque toute la fonte est grise. Les fontes grises peuvent devenir blanches par les précautions avec lesquelles on les fondra; mais il est vraisemblable que celles, qui le sont naturellement, composeront des ouvrages de fer fondu qui auront plus de corps.

On pourra donc mouler, en y apportant quelque attention, les fontes qui viennent de la premiere fusion de la mine; & surtout on pourra mouler ces fontes pour en composer les grands ouvrages, ceux qui demandent plus de matiere que n'en peuvent contenir les creusets, ou les autres fourneaux, dont nous avons parlé dans le

second memoire de cet art ; ce sera d'ailleurs un objet d'épargne. Enfin nous avons vû que les ouvrages, faits même des fontes les plus grises, peuvent devenir d'une belle couleur, & en état de se laisser polir, pourvû qu'on donne au recuit toute la durée necessaire.

Nous avons observé ailleurs que le fer qui se transforme en acier augmente de poids ; la fonte qui se transforme en acier, ou en fer, doit donc au contraire perdre quelque chose du sien. J'ai pesé de la fonte très-exactement avant de la mettre à adouçir ; je l'ai pesée une seconde fois quand elle a été adoucie ; sûrement son poids n'a pas augmenté dans l'operation, il m'a paru même y avoir diminué de quelque chose, mais peu considerable, & difficile à déterminer precisément.

Nous avons distingué differents degrés d'adoucissements qui conviennent à differentes especes d'ouvrages ; mais il n'est presque pas possible d'entrer dans le détail de la durée du feu qu'ils demanderont, car elle doit être proportionnée à l'épaisseur des ouvrages. Pour donner pourtant quelque idée des frais ; nous dirons que si on chauffe avec du bois un fourneau dont les creusets auront les dimensions de celui qui est representé *pl.* 3. & 4. qu'une voye de bois y adoucira presque tous les ouvrages au point de pouvoir être bien reparés ; de quelque grandeur que soient ces ouvrages, & quoiqu'ils aïent un pouce & demi d'épaisseur en quelques endroits, ce qui fait des pieces de fer

épaisses. Tout le fourneau ne doit pourtant pas être rempli de pieces si épaisses, il y en aura de beaucoup plus minces, dans les endroits où la chaleur est la moins violente. Cette voye de bois y doit être brûlée dans trois jours & deux nuits au plus, & même dans un temps plus court; si on la fait durer plus long-temps, la chaleur ne sera pas assés vive. Si le fourneau est construit sur les mêmes mesures que celui de la *pl.* 15. on on y brûlera environ deux voyes de bois. L'operation sera plus prompte & adoucira le fer plus profondement, si au lieu de bois on employe le charbon, & qu'on excite son ardeur par un soufflet: mais aussi sera-t-on plus attentif alors à voir jusques où va la chaleur des ouvrages, ils pourroient fondre; pourvû qu'ils ne fondent pas, ils ne sçauroient chauffer trop vivement; mais on sera instruit de leur degré de chaleur, comme du succés de l'operation par les baguettes d'essais dont nous avons assés parlé.

Quand nous disons qu'on ne sçauroit chauffer trop vivement, nous supposons que les ouvrages qu'on veut radoucir, sont entourés des poudres d'os; si on étoit obligé de se servir de craye, de glaise, ou de quelqu'autre matiere alcaline tirée de la terre, on auroit une grande attention à n'entretenir dans les creusets qu'une chaleur moderée; pour peu que ces matieres fussent de la nature de celle dont j'ai rapporté l'effet singulier, de celle qui rendit à de la fonte adoucie sa pre-

miere dureté, on trouveroit peu son compte si on laissoit monter le feu. La regle alors sera d'entretenir les ouvrages des creusets dans un rouge couleur de cerise; mais cela prolongera bien considerablement la durée du recuit.

Quelque attention qu'on ait à donner aux pieces les places qui leur conviennent le mieux, par rapport à leur épaisseur, il arrivera souvent que quelques-unes, pour être elles mêmes en differents endroits d'épaisseur très-inegale, ne seront pas suffisamment adoucies. Il y a des épaisseurs qui peuvent être adoucies dans dix à douze heures, & d'autres qui demandent plusieurs jours. Ces differentes épaisseurs peuvent se trouver dans le même ouvrage. Le remede sera facile, ce sera de trier celles-là, & de les garder pour une seconde fournée, où elles seront remises; comme on y remettra generalement toutes les pieces qui n'auront pas été renduës asses traitables.

La premiere fournée, celle où on n'auroit brûlé qu'une voye de bois, ne procurera pas non plus un adoucissement suffisant aux ouvrages épais qui demandent à être adoucis jusques au centre, au point de pouvoir être percés, ni même à ceux, des ouvrages minces, qui doivent être adoucis au point de se laisser plier à froid. On les recuira une seconde & une troisiéme fois, jusques à ce qu'on les ait amenés au degré où on les veut. Il y auroit encore plus d'épargne à mettre dans differentes fournées les ouvrages qui demandent dif-

ferents degrés d'adouciſſements, on profiteroit de la chaleur acquiſe, en ne les laiſſant point refroidir, & continuant le feu juſques à ce qu'ils fuſſent adoucis à fond.

Ce n'eſt pas qu'il en ſoit ici, comme pour nos aciers, que la durée du feu puiſſe nuire au fer adouci au point où il a beſoin de l'être; l'adouciſſement ne ſçauroit rien gâter, que pouſſé par delà des bornes, où on ne s'aviſera pas de le pouſſer, ce ſeroit après un trop grand nombre de recuits repetés; mais il eſt dommage de conſumer du bois pour produire un effet inutile. Auſſi faudroit-il avoir deux, ou trois, ou même un plus grand nombre de fourneaux, ils ne reviendront pas chacun fort cher. On ſe ſerviroit des uns ou des autres ſelon les eſpeces d'ouvrages qu'on auroit à adoucir; on mettroit dans les petits fourneaux tous les ouvrages minces.

Quoique nous ne puiſſions entrer dans un juſte détail de la dépenſe des recuits; on peut vouloir en prendre une idée groſſiere; on peut craindre qu'outre les frais du recuit, le fer adouci ne coutât davantage à reparer que les autres métaux; pour donner quelque idée de l'épargne, je citerai ſeulement deux ouvrages du même genre que je fis faire d'abord pour m'inſtruire moi-même. Le premier, eſt le marteau de la porte de l'Hôtel la Ferté * que nous avons cité dans le premier Memoire; j'en fis prendre le modelle. Les frais du modelle ne doivent pas entrer en ligne de

* Pl. 17. fig. 1.

compte, parce qu'ils y entrent pour tres peu de chose; le même modelle servant à faire une infinité d'ouvrages semblables, ce qu'il a coûté se distribuë sur eux tous. Aïant donc le modelle de ce marteau, j'en ai fait jetter plusieurs en moule, que j'ai ensuite fait adoucir & reparer. Ces marteaux, tres beaux & tres finis, ne me sont pas revenus chacun à 20. liv. pendant que l'original en avoit coûté 700. J'ai fait faire en plomb le modelle d'un autre marteau *; je l'ai presenté à divers Ouvriers, pour sçavoir ce qu'ils demanderoient pour le faire en fer forgé, quelques-uns en ont mis la façon à 1500. liv. & aucun ne l'a laissée audessous de 1000. Plusieurs de ces marteaux, tres beaux, & tres finis ne m'ont coûté en fer fondu que 25. liv. chacun. Il ne faut pourtant pas croire, que les premiers ouvrages se donnent à si bon marché, on voudra faire payer les premiers modelles; tant qu'il y aura peu d'Ouvriers, ils les tiendront chers; mais à mesure que le nombre des Ouvriers augmentera, ils donneront au rabais.

* Pl. 17. fig. 3.

Nous n'avons rien à ajoûter ici sur la maniere de piler le charbon, de le mêler avec les os, il n'y a pas sur cela de pratiques differentes à suivre de celles dont nous avons parlé à l'occasion de notre composition à acier; & nous ne ferions que repeter ce que nous avons dit tant de fois sur la necessité de bien luter toutes les jointures. La flamme est capable d'empêcher l'adoucissement, & qui plus est de rendurcir, avec le temps, ce qui

a été adouci; elle rend au fer ce qui lui a été ôté.

En voici une preuve qui ne doit pas être oubliée. Je me suis souvent servi pour les recuits de nos ouvrages de plaques de fonte. Le côté de ces plaques, qui étoit touché par les matieres propres à radoucir, devoit donc être radouci, après l'operation finie; & il l'étoit, ce qui est dans l'ordre: & de même il étoit dans l'ordre que la face tournée du côté du feu restât dure. Dans la fournée suivante chaque plaque aïant été retournée de façon que la face, qui étoit en dehors du creuset, devint en dedans, elle se trouva à son tour en place de s'adoucir, & elle s'adoucît. Mais la face qui avoit été adoucie ci-devant, celle sur laquelle la flamme agissoit, reprit sa premiere dureté; le foret ne pouvoit plus la percer; de sorte que chaque fois qu'on retourne les plaques, on adoucit un côté, & au moins les premieres fois, on rendurcit celui qui étoit devenu doux.

Le côté des plaques qui est exposé au feu redeviendroit dur, quand ces plaques seroient de fer forgé: tout fer brûlé, tout fer réduit en écailles, ou près d'y être reduit, prend une dureté presqu'à l'épreuve des limes & des forets, ou une dureté approchante de celle du verre. Le fer brûlé est du fer vitrifié, au moins en partie.

Aussi quand, par quelque accident, la surface des ouvrages de fer fondu se sera un peu brûlée, qu'elle se sera écaillée, l'écaille sera toujours du-

re ; mais si on fait tomber l'écaille, souvent on trouvera le dessous tres limable. Ces écailles pourroient quelque fois faire croire que le fer n'est point adouci, quoiqu'il le soit trés-bien ; & cela dans certaines circonstances où cette écaille, cette portion de l'épaisseur qui a été brûlée, ne s'est nullement détachée de dessus le fer ; elle y paroit quelquefois si bien appliquée, qu'on ne soupçonneroit pas, qu'il y a une partie de ce fer qui peut être facilement détachée du reste ; qu'on tâte alors l'ouvrage de fer fondu à la lime, il lui resistera. Mais qu'avec la pane d'un marteau on frappe doucement sur cet ouvrage, la partie brûlée, la partie écaillée se detachera par parcelles ; en donnant successivement de semblables coups sur tout l'ouvrage, on fera tomber la feüille brûlée dont il étoit enveloppé, & au dessous de cette feüille il sera limable.

Le fer fondu qui au sortir du recuit, où il a resté asſés long-temps pour être adouci, a une couleur bluâtre, ou qui paroit parsemé de petits brillants, enfin, le fer qui n'a pas cette couleur d'un brun caffé, dont nous avons parlé au commencement de ce Memoire, ce fer a sûrement eu sa surface brûlée, il est recouvert d'une écaille dure, que les coups de marteau feront tomber.

Les ouvrages de fer & d'acier, ne sçauroient être trop mous pendant qu'on les lime, & qu'on les cisele ; mais souvent il est à propos de leur donner de la dureté, lorsque la lime, les ciseaux,

& les burins n'ont plus à mordre dessus ; si on ne les rendoit durs, on ne parviendroit pas à leur faire prendre un poli vif & brillant. Dans les métaux, comme dans les pierres, le degré du poli est toujours proportionné au degré de dureté ; d'ailleurs ces ouvrages conserveroient mal le poli qu'ils ont reçu, s'ils n'avoient de la dureté ; une clef extremement finie, comme sont celles qu'on nous apporte d'Angleterre, perdroit bientôt son lustre, si avant d'achever de la polir, on n'avoit eu la précaution de la tremper ; on trempe l'acier d'autant plus dur, qu'on veut le polir avec plus de soin. Quand l'adoucissement n'a ramené notre fer fondu qu'à être acier, il n'y a pas à douter qu'il ne puisse être trempé comme l'acier ; & quand l'adoucissement n'a recouvert l'acier, que d'une couche de fer mince, si en travaillant la piece, on emporte cette couche de fer, la piece pourra encore prendre la trempe. Si l'adoucissement l'a renduë trop fer, s'il l'a amenée en entier, ou fort avant à l'état du fer doux, elle ne pourra plus s'endurcir par la trempe ordinaire, comme nous l'avons dit ci-dessus.

Mais j'ai éprouvé qu'on l'endurcira de nouveau à quel point on voudra, en la trempant en paquet ; il n'y a point d'acier, dont la dureté surpasse celle qu'on peut lui donner, au moyen de cette sorte de trempe ; & alors elle pourra être polie, aussi parfaitement qu'on le voudra : d'ail-

leurs il faut moins de temps pour tremper en paquet les ouvrages de fer fondu, que pour tremper ceux de fer forgé.

Nous avons vû que pour tremper une piece en paquet, on la fait recuire dans des matieres qui feroient propres à la convertir en acier, qui lui fournissent des soufres & des sels; il suffit de donner un recuit d'une durée assés courte pour mettre la piece en état de s'endurcir étant trempée dans l'eau froide. Mais j'ai donné à dessein un recuit tres long à des ouvrages de fer fondu, adoucis au point d'avoir pris un grain blanc. Pendant ce recuit, ils étoient entourés de la même composition que j'ai décrite pour convertir le fer en acier. Au sortir du recuit le fer fondu, que je n'avois pas trempé dans l'eau, avoit repris une grande partie de sa premiere dureté, il y avoit des endroits que la lime ne pouvoit plus attaquer; d'autres endroits étoient seulement moins doux, & la couleur blanche qu'ils avoient acquise ci-devant, étoit redevenue plus brune. Apparemment qu'en poussant plus loin l'experience, on rendroit de la sorte à une masse de fer adoucie toute son ancienne dureté. Pour adoucir le fer fondu, nous l'avons décomposé, & par cette operation nous le recomposons. Mais si le recuit n'est pas fait à feu violent, ni excessivement long, il n'augmentera pas la dureté, il donnera même du corps.

Quoique le fer fondu soit l'objet de notre nouvel art, nous devons apprendre que cet art sera même

utile au fer forgé ; une infinité d'ouvrages demanderoient de ce fer beaucoup plus doux qu'on n'en peut recouvrer. Quand il s'agit de faire à des serrures des garnitures très-contournées, jamais le fer n'est assés flexible au gré de l'Ouvrier ; avec quelque soin qu'il l'ait choisi, avec quelque précaution qu'il le plie, il se casse. De la tole extremement douce seroit necessaire à une infinité d'ouvrages. Nos mêmes recuits employés pour le fer fondu peuvent procurer un adoucissement considerable au fer forgé, pourvû que ce soit du fer peu épais. Du fer ainsi adouci seroit, je croy, de débit, & fourniroit de l'occupation à ceux qui travailleront à recuire le fer fondu.

Mais il s'en faut bien qu'il ne faille pousser aussi loin le recuit du fer forgé, que celui du fer fondu ; dans ce cas le trop de recuit nuiroit. Après avoir tenu de la tole un certain temps au feu, je l'ai trouvée aussi flexible qu'un carton mince ; j'ai retiré du fourneau du fil de fer qui se laissoit plier, replier, contourner, comme s'il eût été de plomb. J'ai recuit de la même tole, & du même fil de fer qui se cassoient bien plus aisément que dans leur état ordinaire ; ce qui est arrivé quand la durée du recuit a été plus longue. Si on ôte au fer ordinaire une partie de ses soufres, & de ses sels, il redevient plus doux : c'est l'effet d'un recuit qui n'a pas été long. Mais pousse-t'on le recuit trop loin, on enleve trop de ces mêmes matieres au fer ; ses parties ne tiennent plus en-

ſemble, il eſt dans le cas du fer qui auroit été brulé à la forge, ou des écailles qui ſe détachent de deſſus le fer pendant qu'on le bat ſur l'enclume. Si les parties métalliques ſont mêlées avec une trop grande quantité de ſoufres & de ſels, il eſt roide & caſſant : mais s'il a trop peu de ces mêmes matieres, ſes parties ne tiennent plus enſemble, elles ſe détachent par feüilles minces, par écailles, ou par grains ; la ſurface de toute barre chauffée & forgée, nous fournit preſque toujours des exemples de ce premier état, & le fer chauffé vivement, reduit en ſafran de Mars, nous fournit des exemples du ſecond. Une terre graſſe peut nous donner une image aſsés reſſemblante de tout ceci. Cette terre eſt-elle noyée d'eau, ſes parties ne tiennent plus enſemble, elle eſt de la boue, ou dans un état approchant ; n'eſt-elle imbibée d'eau que juſques à un certain point, elle ſe laiſſe façonner, non ſeulement elle a de la conſiſtance, elle a en même temps de la ſoupleſse, de la flexibilité ; mais eſt-elle denuée d'eau à un certain point, devient-elle trop ſéche, elle devient auſſitôt friable : ce que l'eau eſt par rapport à cette terre, la matiere huileuſe l'eſt par rapport à notre métal ; nous pourrons ailleurs pouſser plus loin cette idée. Nous ajouterons ſeulement, par rapport à notre fer forgé, que ſelon la qualité dont il ſera, il pourra ſoutenir des recuits plus ou moins longs, que les differences d'épaiſseur doivent auſſi entrer en conſideration, & que c'eſt le fer mince qui réuſſira le mieux.

Explication de la ſeizieme planche.

A, B, C. *Sont des baguettes de fer fondu de differente groſſeur, deſtinées à ſervir aux eſſais ; un de leurs bouts eſt amené en pointe ; cette pointe fait que les groſſes baguettes tiennent auſſi lieu de baguettes plus petites.*

D. *La caſſure d'une de ces baguettes qui n'a pas encore été adoucie.*

E. *Caſure d'une baguette commencée à adoucir ; elle a des grains fins près des bords ; d'autres endroits commencent auſſi à en être piqués ; mais elle n'en a point encore au milieu.*

F. *Caſſure d'une baguette encore plus adoucie, elle a des grains par-tout, & plus ſerrés que ceux de la figure precedente.*

G. *Caſſure d'une baguette encore plus adoucie ; elle eſt entourée d'un cordon blanc qui eſt de la nature du fer forgé ; le reſte eſt rempli par des grains plus bruns, & plus gros que ceux de la figure precedente.*

H. *Caſſure d'une baguette, encore plus adoucie, & où ce qui eſt grainé, l'eſt à plus gros grains, & plus noirs que dans la fig.* **G.**

I. *Caſure de baguette encore plus adoucie que les precedentes, qui commence à reprendre de la blancheur, où les grains ne ſont plus ſi noirs.*

K, K, L, L. *Eſt la caſſure d'un morceau de fer fondu plus gros que les baguettes precedentes, qui eſt actuellement*

entouré d'un cordon assés épais dont la tissure, & la couleur est semblable à celle de quelques fers forgés; le milieu est encore grainé, & de la nature de l'acier. L, L, *y marquent par des lignes ponctuées des endroits plus noirs que le reste, qui à la vûë simple semblent des grains, & qui au microscope paroissent des cavités.*

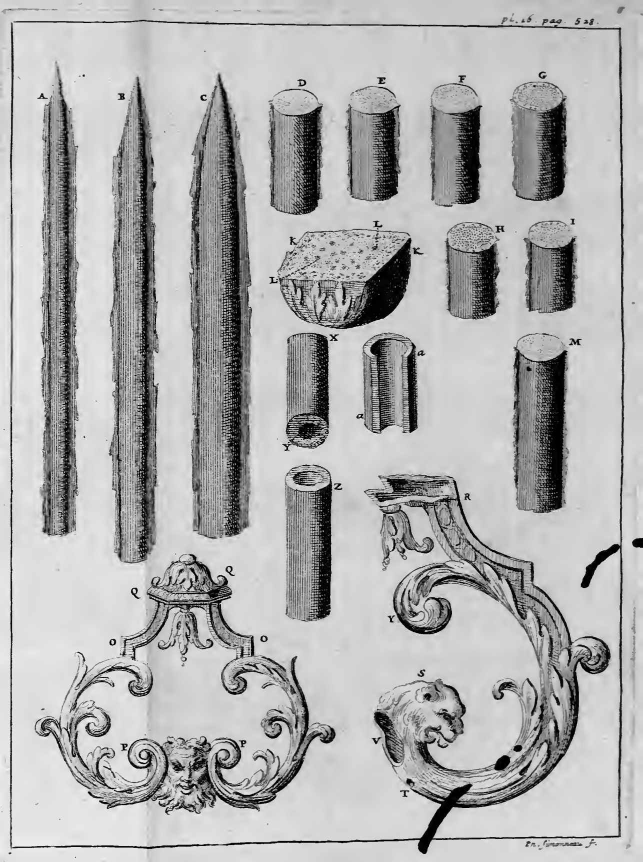
M. *Cassure de baguette qui a pris un grain blanc, approchant de ceux des fers que nous avons nommé fers à grains.*

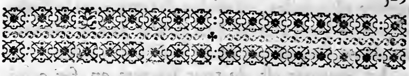
QQ, OO, PP. *Est un de ces marteaux de porte cochere qui devinrent entierement creux, excepté dans la partie* QQ; *étant considerablement plus épaisse que le reste, le feu ne fut pas apparemment assés violent pour la fondre.*

R, S, T. *Est une des parties de ce marteau qu'on a separée du reste pour faire voir à quel point le tout étoit creux; on l'a dessinée sur une plus grande échelle que le marteau. Les ouvertures* R, V, *qui sont celles qui se trouvoient aux endroits, où la piece a été separée reste du marteau, font assés imaginer la forme de cette espece de tuyau creux. En* T, *est un petit trou que le métal fluide s'étoit fait, & par où il s'étoit écoulé.*

X, Y. *Morceau de baguette de fer fondu pareil à ceux sur qui j'ai repeté l'experience que le hazard m'avoit fournie dans le marteau precedent.* Y, *endroit par ou la fonte s'écoulera plus aisément, s'il est récouvert de sable, ou de quelque matiere qui retarde l'adoucissement.* Z, *Ce cylindre changé en tuyau creux.* a a, *Le tuyau creux ouvert tout du long,*

SIXIEME


A
B
C
D
E
F
G
K
L
L
K
H
I
X
a
a
Y
M
Z
R
Q
Q
O
O
Y
S
V
P
P
T



SIXIEME MEMOIRE,

Où on parcourt les differents ouvrages qui peuvent être faits de fer fondu ; où on avertit des precautions avec lesquelles quelques-uns veulent etre jettés en moule, & recuits ; & où on fait connoitre aussi quels sont les ouvrages qui ne doivent pas être faits de cette sorte de fer.

FAire de plus beaux ouvrages, les faire aussi bons, & à meilleur marché, sont les dégrés de perfection où l'on doit travailler à conduire les arts ; & ce sont des avantages que notre nouvel art paroît avoir dès sa naissance, sur ceux qui jusqu'ici ont mis le fer en œuvre. Il est peu de ces arts à qui il ne doive devenir utile, on en sera d'autant plus convaincu qu'on fera plus d'attention aux usages immenses ausquels il peut s'étendre ; nous allons en indiquer une partie. Peut-être pensera-t-on que nous saisissons volontiers cette occasion de donner plus de prix à nos recherches ? ce qui est de sûr c'est que nous ne sçaurions en être contents qu'à proportion de ce que elles deviendront utiles au public ; & pour les lui

rendre plus utiles, au moins devons-nous lui faire entrevoir les fruits qu'il en pourra retirer, l'avertir de ne les pas negliger.

La Serrurie est de tous les arts en fer celui qui nous presente ce métal sous plus de formes differentes, & propres à plus d'usages differents; mais elle n'ose même entreprendre de le façonner jusqu'à un certain point, surtout pour de grands ouvrages. Nous avons déja dit que les grilles, les balcons, les rampes d'escalier sont d'un travail mediocre; y veut-on des feüillages, des fleurons? tout cela n'est executé qu'avec une tole mince. Veut-on en ornements quelque chose de plus massif? on a recours au cuivre, & c'est au grand regret des Serruriers, toujours très-fâchés d'abandonner leur métal favori. Quand ils ont fait quelque chose de beau en pur fer, ils croïent que la dorure même le gâteroit, ou qu'elle le feroit passer pour être de cuivre: car ce qu'il y a de doré dans la plûpart des grandes grilles d'Eglise, n'est presque jamais que ce qui a été rapporté en cuivre. Dès qu'on aura fait faire des modelles de grilles, de balcons, des fleurons qui y doivent entrer, on multipliera autant qu'on voudra les ouvrages de ce genre; ceux qui ont des modelles de fleurons qu'ils font jetter en cuivre ont déja une avance.

Les modelles des grilles, balcons, rampes couteront, mais ne coûteront pas autant qu'on se l'imagineroit. Ces ouvrages sont composés d'un

nombre borné de pieces qui se repetent; on n'aura qu'à faire faire un modelle de chacune de ces pieces, qu'on assemblera après qu'elles auront été adoucies; les balcons par exemple ne sont qu'un assemblage de panneaux repetés, & il n'entre dans chaque panneau qu'un petit nombre de pieces differentes. On pourroit jetter un panneau entier en moule, mais il seroit plus difficile à mouler, il s'y trouveroit plus souvent des defauts; il demanderoit de plus grands fourneaux, pour être recuit; il suffira de le mouler par parties. On en pourra faire les principaux montants en balustres, ou de quelqu'autre figure recherchée, au lieu qu'ils sont faits aujourd'hui de barres unies. Les chapitaux des pilastres ou des colomnes, leurs bases qui aujourd'hui sont quelquefois de cuivre, ou qui sont trop minces en fer, pourront être jettées en moule avec toute l'épaisseur convenable.

Les pieces massives, qui entreront dans les ouvrages de cette espece, ont assés de solidité d'elles-mêmes; elles n'ont pas besoin de prendre du corps par l'adoucissement; c'en sera assés de mettre leurs premieres couches en état d'être usées par la lime, & coupées par le ciseau. Si on avoit besoin de les percer, il faudroit les adoucir davantage, mais on abbregera le temps du recuit, si on fait reserver les trous dans le moule. Si ces trous doivent être en écrouës, ceux qu'on aura reservé pourront être taraudés, quoique la piece n'ait pas été adoucie jusqu'au centre; une partie de l'épaisseur qui

environne le trou l'aura été. Deux autres especes d'ouvrages vont encore nous donner idée d'une façon de menager sur la durée du recuit.

Les marteaux ou boucles des portes cocheres, & autres, sont aujourd'hui presque sans ornements, & coûtent autant, que coûteront des marteaux de fer fondu très-ornés. L'endroit qui doit faire partie de la charniere, est un de ceux qui fatigue le plus & qui doit être percé; pour s'exempter d'une durée de recuit que le corps du heurtoir ne demande pas; dans cet endroit *, je fais mettre dans le moule une piece de fer forgé *, de figure, grandeur & épaisseur convenables; quand la fonte est jettée en moule, elle enveloppe une partie du fer forgé, elle s'y applique exactement: la piece de fer forgé est alors aussi solidement unie avec la fonte, qu'elle le seroit, si elle étoit de fonte même, & a l'avantage de se laisser percer sans avoir besoin du recuit.

* Pl. 17. fig. 2. A A.

* B C C.

Des feux pour les cheminées seroient encore des ouvrages très-chers, s'ils étoient ornés jusques à un certain point, il y en a à Paris d'un grand prix; on les fera à bon marché comme le reste. Mais si j'en parle actuellement, c'est principalement pour faire remarquer que j'en ai fait recuire qui avoient été jettés en moule, avec une précaution qu'il est bon de ne pas ignorer. La tige du feu s'assemble avec la base à vis & à écrouë; le bout de la tige doit porter cette vis; on avoit mis dans le moule une piece de fer forgé, taillée en vis * par le bout; cela n'encherit en rien la façon,

* Fig. 5. L.

& eſt de la beſogne épargnée pour le recuit.

Des deux faits precedents nous paſſerons à une remarque generale, & utile pour quantité d'ouvrages de fer fondu ; c'eſt que ſi on a à jetter en moule de groſſes pieces, & que ces groſſes pieces aient beſoin d'avoir du corps, qu'elles ſoient exposées à fatiguer, & qu'on ne veüille pas s'engager aux frais de longs recuits ; il n'y a qu'à faire placer dans le moule des pieces de fer forgé proportionnées à la groſſeur de l'ouvrage, & à la force qu'on ſouhaite lui donner. On n'y mettra ſi l'on veut qu'un fil de fer gros comme le doigt, & ſi on le veut on y placera une barre de fer ; le fer fondu ſe réunira bien avec le fer forgé, ils feront corps enſemble.

Au reſte ceci n'eſt pas une pratique particuliere pour nos ouvrages de fer fondu ; les Fondeurs y ont recours pour quantité d'ouvrages de cuivre, qui ſeroient trop caſſants, s'ils n'étoient ſoutenus par le fer. Les grandes boucles des ſouſpentes des caroſſes ſont ſouvent fourrées de fer. Dans les grandes Statuës de bronze, il entre quelquefois des milliers de fer pour donner de la ſolidité à toute la maſſe. Les Aigles des Pupitres, & autres pieces pareilles doivent grande partie de leur ſolidité au fer.

N'oublions pourtant pas un avertiſſement important ; ſçavoir, que les parties des pieces de fer forgé, introduites dans les ouvrages fondus, qui ſortiront en dehors, comme les branches des cram-

* Pl. 17. fig. 2.

pons des marteaux *, que ces parties dis-je qui font de fer forgé, pourroient dans un long recuit devenir caſſantes, & plus caſſantes même que le fer fondu; les remarques, par leſquelles nous avons fini le memoire precedent, le font prevoir; le fer trop recuit ſe deſeche. Pour aller au-devant de cet inconvenient, on aura ſoin d'entourrer ces parties de matieres qui puiſſent fournir plus de parties huileuſes, que notre compoſition propre à adoucir. Le charbon en poudre fera cet effet; on en couvrira tout ce qui ſera de pur fer forgé. Qu'on moüille un peu ces pieces, & qu'après les avoir moüillées, on les trempe dans la poudre de charbon, elles en prendront aſsés pour ſe défendre contre l'effet du recuit. Pour mieux leur conſerver même cette poudre on peut la recouvrir d'une couche de terre ſablonneuſe détrempée à conſiſtance de pâte, ou de ſable à mouler. On peut encore arranger ces pieces comme les autres dans le fourneau, & lorſqu'elles ſeront en place, mettre de la poudre de charbon tout au tour de ce qui eſt de fer forgé.

Mais pour revenir à nos ouvrages de Serrurie, les cages des ſerrures, ou en termes de l'art les *palaſtres*, même dans les plus ſuperbes appartements ſont ſimples, unis; ſi on leur veut quelque beauté, on eſt contraint de les faire de cuivre, quoiqu'il ſoit toujours deſagreable de toucher ce métal: on fera en fer fondu les palaſtres les plus ornés, & les plus recherchés.

Platines, targettes, verroux, fiches, en un mot toutes les ferrures qui n'ont point à fatiguer, pourront être du plus grand goût, & ne coûteront guere davantage que les unies coûtent aujourd'hui. Les clefs telles que nous en faisons à present venir d'Angleterre se feront à peu de frais; on en jettera en moule dont les panetons seront pleins *, & on entaillera ensuite ces panetons selon la figure de la garniture à laquelle on aura envie de les faire servir *. Ce sont des ouvrages qui demanderont à être très-bien adoucis, afin qu'il reste du corps au paneton, & qu'on puisse percer la tige. Je ne puis m'empêcher de parler ici d'une objection qui m'a été faite, elle prouve au moins qu'il n'est rien qu'on ne puisse attaquer, par quelqu'endroit, & cela d'autant plus que l'envie de contester n'a eu aucune part à cette objection. Des Magistrats, éclairés d'ailleurs, ont regardé comme une fort mauvaise chose le moyen de jetter une clef en moule, que ce devoit être une invention pernicieuse; peu au fait de la pratique des arts, ils avoient peine à comprendre qu'il seroit plus facile, à qui voudroit faire mauvais usage d'une clef, d'en faire forger une, que de la faire mouler en fer; qu'immediatement après qu'elle seroit forgée on pourroit y fendre les rouets, ou autres garnitures, au lieu que pour recuire celles de fer fondu, il faut du temps & de l'appareil; qu'en moins d'une demie heure, on peut forger grossierement une clef avec son paneton; que d'ailleurs

* Pl. 17. fig. 7. O.

* Fig. 8.

jusqu'ici on en a pû fondre en cuivre qui ouvriroient bien, & les filoux, que je sçache, n'ont pas eu encore recours à cet expedient.

Nous placerons encore ici un avertissement qui regarde plusieurs ouvrages. Quand il sera arrivé quelque accident leger à une piece qu'on aura moulée avec peine, si elle a quelqu'endroit * où la matiere n'ait pas bien rempli le moule, on la limera, ciselera, en un mot on la reparera, sans s'embarrasser de ce defaut; on y apportera remede en faisant ensuite, en fer forgé, une petite piece * semblable à celle qui auroit dû venir en fonte. On laissera une queuë à cette petite piece, qu'on taillera en vis *, & on percera une écrouë dans la place où elle doit être rapportée; si cela est executé avec adresse, on ne reconnoîtra pas l'endroit où la piece a été ajoûtée.

* Pl. 17. fig. 4. E.

* F, G.

* G.

Il y a encore une autre maniere de remedier aux defauts des endroits mal venus dans le moule. Ils ne pêchent jamais par trop de matiere, c'est toujours par trop peu; il y peut rester des creux à remplir, des souflures; on coulera dans les creux * quelques goutes de fer fondu. Mais afin que la fonte qui aura été coulée s'attache parfaitement au reste, qu'elle y fasse corps, on chauffera le plus chauds qu'on pourra les endroits dans lesquels on la veut jetter. On recouvrira de terre les endroits qui sont proches de ces derniers, ceux où on ne veut pas qu'elle s'attache.

* Fig. 4. H.

Les Fourbisseurs feront jetter en moule des gardes

des d'épées, & ils pourront finir en quelques jours des ouvrages, qui les tenoient plusieurs mois; ils ont déja leurs modelles; il ne leur en faudra pas d'autres que ceux qu'ils font mouler en cuivre, ou en argent. A la verité ces épées n'approcheront plus du prix de celles d'or massif, comme elles ont fait ci devant, mais on en débitera davantage. On adoucira de reste les gardes & les pommeaux, mais il faudra réiterer les recuits des branches, qui étant longues & minces, seroient plus exposées à se casser.

Les boucles de ceintures, de souliers, les étuis, les clefs de montre, les crochets de montre, & une infinité de colifichets n'occuperont plus, comme ils ont fait, des Ouvriers pendant autant de temps, que les plus grands ouvrages; qu'on en ait les modelles, & on sera en état de les faire promptement.

Les rouës des Diamentaires; les rouës à applatir, ou à écacher, les fils d'or, & d'argent pourront être faites de fer fondu; ce sont des ouvrages chers.

Je crois que l'Epronnerie y trouvera aussi des avantages, les branches de la plûpart des brides, fatiguent peu, & pourront être fonduës, ce sont des plus difficiles ouvrages de la forge. J'en ai fait faire qui ont bien reussi. Si on est tenté d'y faire jetter des ornements, on n'aura qu'à les demander; on sera maître d'en placer par tout: les filets réussiront encore mieux.

Un Art à qui notre adouciſſement du fer doit épargner bien du temps, & qui s'en trouvera en état de faire les plus beaux ouvrages, eſt l'Arcbuſerie ; les platines de fuſils ſeront excellentes de fer fondu ; j'en ai fait fondre pluſieurs pour épreuve. On les laiſſera unies, ou on les chargera d'ornements, ce ſera à la volonté de l'Ouvrier ; mais ſi on les orne, ce ne ſera plus ni ſi meſquinement, ni ſi cherement qu'aujourd'hui. Au lieu de quelques legeres figures en creux qu'ont à preſent les plus finies, on pourra leur donner des ornements en relief, dans le goût de ceux des plus belles gardes d'épées ; & ſi on y en veut de creux, on les fera ſemblables à ceux des plus beaux cachets. Je ne voudrois pourtant pas, que les chiens & les batteries fuſſent faites de fer fondu, j'en dirai la raiſon dans la ſuite. Mais la plaque de *couche*, la piece qui recouvre le bout de la croſſe, en peut être faite autant qu'aucune autre piece. Et de même les porte-vis, les porte-baguettes, les ornements qu'on met auprès des vis qui arrêtent la platine. Si on fait les ſouſgachettes de fer fondu, il faudra conſiderablement les adoucir, comme toutes les pieces qui ſont grandes & minces. En un mot ce peut être un objet d'épargne, bien conſiderable pour les Arſenaux de Sa Majeſté. On a propoſé une idée tres ingenieuſe & tres-utile, c'eſt de faire toutes les pieces des fuſils des troupes de même calibre. Un fuſil dont le canon eſt crevé, devient inutile, parce que ſa platine ou les pieces de ſa platine, ne peuvent pas s'ajuſter à un autre

fuſil ; mais dès que toutes les pieces ſeront de même calibre, celles des uns pourront être remiſes aux autres ; quelques pieces caſſées ne rendront plus toutes les autres inutiles ; ce qui reſtera du fuſil le plus délabré ſervira à en raccommoder un autre.

Avec le temps, le Roi tirera peut-être un avantage plus important de ce nouvel Art. C'eſt par rapport à ſon artillerie, & ſur tout par rapport à celle de Mer. Je ne rapporterai pas ſur ce ſujet autant d'experiences que je ſouhaiterois : je n'ai point été à portée de faire ſur les canons, celles que j'aurois voulu tenter, mais il ne me paroit pas y avoir lieu d'apprehender que les experiences démentent ce que notre Art ſemble promettre ſur cet article. On ne fait que de deux ſortes de canons, les uns ſont de cuivre rouge avec un mêlange d'étain & de zin &c. c'eſt ce qu'on nomme ſimplement des canons de fonte ; on les appelle auſſi des canons de bronze, & nous les y appellerons toujours ici pour éviter l'équivoque de la fonte de fer. Les autres canons ſont de fer fondu, de matiere pareille à celle des contrecœurs de cheminées, de fontes griſes. On les appelle ſimplement des canons de fer ; les uns & les autres ont leurs defauts. On a fait bien des tentatives, pour avoir des canons d'une troiſiéme eſpece, exempte des imperfections des deux précedentes. On a cherché les moyens de les fabriquer de fer forgé ; c'eſt de toutes les matieres que nous connoiſſons la plus capable de réſiſter aux grands efforts, & la plus

puiſſante réſiſtance n'eſt pas trop forte pour tenir contre l'impetuoſité de la poudre. Le fer forgé eſt incomparablement plus en état de réſiſter que ne le ſont les fontes de cuivre ; des canons de fer forgé, plus legers, ſeroient plus forts. On en eſt même contraint par une raiſon particuliere d'affoiblir la force que le cuivre pourroit oppoſer à la dilatation de la poudre : l'ame d'un canon doit conſerver ſon diametre, ſa rondeur uniforme ; ſi le cuivre étoit pur, il n'auroit pas aſsés de dureté pour reſiſter au trainement du boulet ; on eſt donc obligé de l'allier avec l'étain & le zin, ce qui le rend plus dur, mais en même temps plus caſſant : on le met en état de reſiſter mieux au trainement du boulet & moins en état de reſiſter à l'effort de la poudre. D'ailleurs les lumieres s'en agrandiſſent plus aiſément ; autre inconvenient tres-conſiderable.

Les canons de bronze ſont pourtant encore preferables aux canons de fer fondu. La matiere de ces derniers reſiſte plus au trainement du boulet, mais elle eſt caſſante, & de là naiſſent deux inconvenients conſiderables 1°. Pour les rendre auſſi forts que les canons de bronze, on eſt obligé de leur donner plus de poids qu'à des canons de bronze de même calibre. 2°. Quand ces canons crevent, ils ne s'entr'ouvrent pas ſimplement comme les canons de bronze, leur matiere plus roide s'en va en éclats qui tuent des canoniers, & répandent la terreur parmi ceux qui reſtent ; un canon une fois crevé, on ne charge plus les autres avec la

charge ordinaire, les coups qu'on tire ensuite ne sont plus d'effet; les combats de Mer ont souvent changé de face par un pareil accident.

S'il étoit possible de parvenir, sans de trop grandes dépenses, à forger des canons de fer, ils seroient sans doute incomparablement meilleurs que les autres, ils resisteroient mieux à l'effort de la poudre, & au trainement du boulet; étant plus forts ils ne demanderoient pas à être si épais. On a fait beaucoup de tentatives pour y parvenir, qui n'ont pas encore eu beaucoup de succès; elles ont même ruiné un homme, qui avoit du bien & du genie; on ne laisse pas d'en faire de nouvelles journellement; il est à souhaiter qu'elles soient plus heureuses, & après tout, il n'y a pas à désesperer.

Quoiqu'il en soit, on s'en tient à present aux canons de bronze & aux canons de fer: l'artillerie de terre est de bronze, mais la plus grande partie de l'artillerie de Mer, tant celle des vaisseaux du Roi, que celle des vaisseaux Marchands, est de fer; il en coûteroit des sommes trop considerables pour l'avoir de bronze. Les vaisseaux cependant sont accablés sous le poids de leurs canons, & c'est sur tout ce qui désole nos Negociants en temps de guerre; ils seroient fort contents, s'ils pouvoient ne charger leurs vaisseaux que de canons de bronze.

Ce qu'ils trouvent de désavantageux dans cette augmentation de charge, n'est pas seulement de

ce qu'elle tient la place d'un poids égal de marchandiſes. J'ai oüi dire à des Negocians ſenſés qu'elle ruine leurs vaiſſeaux, qu'elle contribuë beaucoup à les faire entr'ouvrir. Le vaiſſeau n'en eſt pas fatigué tant qu'il va vent arriere ; mais dès qu'il a le vent de côté, il eſt clair que le poids des canons, porté par une des moitiés, du vaiſſeau, tend à la ſéparer de l'autre ; la poſition de ce poids eſt cauſe que ſon effort eſt plus puiſſant qu'il ne le ſeroit, placé par tout ailleurs.

Il paroit inconteſtable, qu'au moyen de notre nouvel Art on rendra les canons de fer fondu meilleurs qu'ils ne le ſont aujourd'hui ; le fer adouci ſera certainement moins caſſant ; mais le grand objet ſera de ſçavoir ſi on peut les amener au point de ne crever plus par éclats lorſqu'ils ſeront adoucis. Je ſçai qu'on ne peut pas attendre ce bon effet de toutes ſortes de fontes adoucies ; j'en ai même fait une ſorte d'épreuve ; au lieu des grands canons j'ai fait jetter en moule un canon de piſtolet ; je l'ai fait trés-bien adoucir, je l'ai rendu trés-limable ; je l'ai chargé beaucoup plus qu'il ne devoit l'être naturellement, ſans qu'il ſe ſoit crevé ; enfin l'aïant chargé encore davantage, l'aïant preſque rempli de poudre, il s'eſt creve, & le mal eſt qu'il s'eſt crevé par éclats. Je ne crois pourtant pas que cette experience doive faire déſeſperer de parvenir à faire des canons de fer fondu qui en crevant s'entr'ouvriront comme ceux de bronze. La fonte de ce canon de piſtolet avoit été priſe au hazard ;

& j'ai averti qu'il y a des fontes qui donnent des fers adoucis incomparablement plus flexibles que d'autres fontes ne les donnent ; il faut donc essayer les differentes fontes ; & si on veut commencer à faire les essais sur des canons de pistolet, ils ne seront pas chers, & suffiront pour conduire à des épreuves plus considerables.

Pour amener des pieces de fer fondu aussi épaisses que le sont des canons au degré de souplesse necessaire, il faudra leur donner de longs recuits avec nos poudres ; mais la durée des recuits n'ira pas aussi loin qu'on pourroit se l'imaginer. Il y a des endroits où on est déja en usage de recuire pendant plusieurs jours les canons de fer ; après qu'ils ont été tirés des moules, on les entoure immediatement de charbons allumés, ce qui produit peu d'effet. La durée de nos recuits ne sera peut-être pas beaucoup plus longue ; nous avons vû que des pieces épaisses de plus d'un pouce n'en demandent que trois jours au plus ; le nombre des jours augmentera en plus grand rapport, que l'épaisseur ; mais selon les apparences, il n'ira pas bien loin, & ces frais ne sçauroient entrer en comparaison avec les avantages qu'on en retirera.

D'ailleurs on fera ces recuits bien plus hardiment que pour les menus ouvrages ; on ne craindra pas de faire fondre des pieces si épaisses, les écailles ne seront pas non plus au rang des inconvenients à apprehender. Une des difficultés sera d'avoir des fourneaux convenables ; on pourra

roit en employer de ſemblables à ceux dont nous avons fait uſage juſqu'ici, avec la difference du petit au grand, & ſurtout du bas au haut. Qu'on imagine les creuſets diſtribués, comme nous les avons diſtribués, & que celui du milieu a aſsés de profondeur pour recevoir un canon placé de bout, & aſsés de longueur pour en contenir pluſieurs arrangés de file. Enfin cette matiere eſt aſsés importante pour qu'on fit des experiences, dont les frais n'iroient pas bien loin. On pourroit auſſi bâtir des eſpeces de tours, faire des eſpeces de chappes plus grandes, mais ſemblables à celles dans leſquelles on moule les canons.

Comme nous n'aurions point ici à apprehender les écailles, des creuſets parfaitement clos pourroient n'être pas ſi néceſſaires.

Nous avons vû qu'on peut augmenter la force des ouvrages de fer fondu, en les fourant de fer forgé. Cet expedient ne nous fourniroit-il point le moyen de faire des canons de fer, qui auroient toutes les perfections qu'on leur voudroit? qu'on aſſemblât des barres de fer, liées de diſtance en diſtance par des frettes de fer; peut-être ſuffiroit-il de faire cet aſſemblage, avec des rivets, & dans ce cas, il ne ſeroit pas un ouvrage long. Ce bâtis de fer formeroit une eſpece de noyau, qu'on recouvriroit par dehors & par dedans de fer fondu. M de Villons, après toutes ſes tentatives ſur les canons de fer forgé, avoit penſé qu'on ne pourroit ſans des frais trop grands, leur donner leur

forme

forme en entier, si on les faisoit de ce metal, il avoit pensé d'en composer l'interieur de fer forgé qu'on revêtiroit par dehors de fonte de cuivre.

Aprés avoir parcouru les usages qu'on peut faire de notre fer fondu, dans le grand, dans le beau, & même dans le terrible, nous allons le considerer par rapport à des usages moins nobles, voir l'utilité dont il peut être dans les cuisines. J'avouerai pourtant que ce n'est pas le côté par où il me paroît qu'on en doive faire moins de cas. Dans le fond il vaut mieux perfectionner les ustensiles, qui y sont propres, que les armes meurtrieres; cette façon de penser n'est pas la plus élevée; elle est au moins la plus humaine, & peut-être la plus sensée. On peut esperer de faire par la suite presque toute la Batterie de cuisine de fer fondu, chaudrons, marmites, poëles à confitures, casseroles, bassinoires, &c. Le Royaume, dont on neglige les mines de cuivre, épargneroit par là bien de l'argent qu'il fait sortir pour se fournir de ce métal. On a depuis long-temps des marmites & des chaudrons de fer fondu; on ne s'en sert guere qu'aux Villages & en quelques petites Villes, & c'est pour épargner des vases de cuivre. Trois raisons ont empêché que les ustensiles de fer fondu de cette espece ne devinssent d'un usage plus general. 1°. Ils ont toujours un air mal-propre, comme ils sont raboteux tant interieurement, qu'exterieurement, il n'est pas aisé de les nettoyer. 2°. Ils sont plus épais que ceux de cuivre forgé, &

par-là plus difficiles à échauffer. 3°. Enfin ils se cassent aisément; ils seroient mal entre les mains des Cuisiniers; ils demandent à être menagés, on ne peut qu'avec risque les frapper rudement; sans cela une marmite, un chaudron de fer fondu seroient presque des vases éternels; le feu ne les brûle point comme ceux de cuivre. Notre nouvel Art leve ces trois difficultés: on moule aujourd'hui ces vases moins minces qu'on ne le pourroit, afin qu'ils soient plus en état de résister aux chocs; si cependant on ne trouve pas ceux qu'on fera mouler par la suite, assés minces au sortir du moule, on achevera le reste aprés qu'ils auront été adoucis: on les travaillera sur le tour, comme on travaille les chaudrons de cuivre, on les rendra aussi minces qu'il sera necessaire, pour qu'ils s'échauffent promptement. Enfin nos recuits les rendant moins cassants, ils remedient à la principale difficulté qui en a arrêté l'usage. Je n'ose esperer qu'ils leur donneront toute la souplesse du cuivre, mais ils leur en donneront assés, pour qu'ils ne se cassent point, quand on aura une attention mediocre à les ménager. Il y a actuellement bien des maisons aisées, où l'on se sert de marmites d'une fonte de cuivre composé; elles sont épaisses & cassantes, & cependant elles coûtent fort cher. L'avantage qui compense ces deux défauts, est qu'elles ne demandent pas à être étamées.

Aussi n'y a-t-il que la necessité qui ait pû forcer à

avoir recours au cuivre ordinaire, malgré ſon odeur deſagreable, & malgré la nature de la roüille à laquelle il eſt ſujet, qui eſt un dangereux poiſon. On a à la verité trés-bien imaginé d'étamer les vaſes de ce metal, pour les preſerver du vert de gris, & pour les empêcher de communiquer leur mauvaiſe odeur à ce qu'on y fait cuire, & qu'on y laiſſe refroidir. La roüille du fer n'eſt point à craindre, & eſt peu conſiderable dans les vaiſſeaux de fer fondu. Au rapport des Menageres, ces vaſes ne donnent aucun goût à ce qui a cuit dedans; elles aſſurent que la ſoupe eſt excellente dans les marmites de fer fondu. Mais enfin ſi on veut encore les défendre contre la roüille, rien n'empêchera qu'on ne les étame, comme les Serruriers étament les ſerrures, les targettes, les verroux; comme les Epronniers étament les branches & les mords de brides; & comme on étame les feüilles de fer. Je ne parle qu'aprés l'experience. J'ai fait étamer par des Epronniers des marmites de fer fondu, qui ont trés-bien pris l'étain.

L'uſage de tout ce qu'on nomme Batterie de cuiſine, eſt ſi grand & ſi general, que je n'heſite point à regarder cet objet comme un des plus importants de notre Art. C'eſt beaucoup que de faire de plus belles grilles, de plus beaux balcons, de plus belles ſerrures, de faire en general des ouvrages plus recherchés, plus ornés; on pourroit pourtant douter s'il y a à gagner pour le genre humain, en multipliant juſqu'à un cer-

tain point, ce que nous appellons beau, & qui est simplement beau. Si on avoit le secret de bâtir des Palais à aussi peu de frais, & aussi promptement que des chaumieres; si les petites maisons étoient soudainement changées en superbes Edifices, nous serions frappés de la nouveauté du spectacle; mais bientôt il eût autant valu que nos maisons ordinaires eussent subsisté. Nous considererions avec moins de plaisir & d'attention les Tableaux des grands Maîtres, si les Barboüilleurs avoient trouvé le secret d'en faire de pareils. Nous ne sçavons juger que par comparaison, de ce que nous appellons beau; mais en tout temps nous pouvons juger de ce qui a un rapport direct avec nos besoins, de ce qui est bon; nous avons toujours avec quoi le comparer.

Ne s'inquietera-t-on point, car on est quelquefois étonnament humain, quand il s'agit de faire des objections, ne s'inquietera-t-on point dis-je de ce que deviendroient tant de Chaudronniers, si la batterie de cuisine se faisoit de fer pour la plus grande partie? J'ai vû un grand Magistrat s'opposer au privilege demandé pour une nouvelle Machine, par une raison de cette espece; je répondrai ici ce que je lui répondis pour celui qui sollicitoit un juste privilege, que si on eût toûjours eu une pareille sensibilité, nous n'aurions ni moulins à vent, ni à eau, ni à chevaux. Le bled étoit pilé à bras dans des mortiers, avant qu'on sçût l'écraser sous des meules mûës par des

chevaux; combien cela occupoit-il de gens? les moulins à eau, au grand avantage du genre humain, ont restraint l'usage des moulins à bras, & à chevaux, au cas de nécessité: l'invention des moulins à vent, assés recente, supplée aux moulins à eau, qu'on ne peut construire par tout. Je ne crois pas aussi, pour revenir à nos Chaudronniers, qu'il y eût beaucoup de gens qui voulussent charitablement leur acheter des ustensiles de cuivre, uniquement pour les faire vivre, si ceux de fer étoient meilleurs, & à meilleur marché. Mais qu'on ne s'inquiete point, on leur trouvera de l'occupation de reste, ils travaillent déja en fer, ils font des rechauts & d'autres petits ouvrages; ils s'exerceront davantage à travailler ce métal, ils le repareront, tourneront, &c.

S'il étoit possible de faire en fer forgé tous les ustenciles de cuisine, qu'on fait en cuivre, il n'y a pas lieu de croire qu'on y eût employé ce dernier metal. Si l'art y eût pû parvenir, on feroit des marmites, des casseroles, des chaudrons de fer battu, comme on en fait des poëles à frire. Mais le fer n'a pas une souplesse qui lui permette de se laisser contourner autant qu'il est necessaire; & ce qui lui manque sur tout c'est de se laisser *retraindre*; c'est cette derniere qualité qui donne le moyen de faire au marteau des vases de plomb, de cuivre, d'or & d'argent. On forge de fer une poële à frire, parce que les bords de la poële sont plus évasés que son fond. Si on avoit une pareille

poële faite de cuivre ou d'argent, on pourroit la changer en un vaſe de quelle forme on le voudroit; en frappant ſur ſes bords par dehors, on les retreciroit de façon qu'ils laiſſeroient une ouverture beaucoup plus étroite que le fond d'où ils partent, c'eſt ce qu'on appelle retraindre; mais il n'y a pas moyen de retraindre ainſi le fer. J'ai oüi parler d'un Ouvrier, qui avoit eu l'adreſſe de faire de fer forgé une eſpece de bouteille à long col, qui étoit parvenu à le retraindre à ce point. Mais ce n'avoit pû être qu'après beaucoup de temps, après un nombre prodigieux de chaudes, & un pareil ouvrage en fer, étoit devenu plus cher par la façon, que s'il eût été d'argent, & peut-être d'or.

On fait à la verité des vaſes de fer plus étroits par en haut que par en bas; tels ſont nos caffetieres. Mais on ſçait que le fer de ces ſortes de vaſes n'a pas été retraint; il eſt quelquefois de differentes pieces, dont les bouts repliés les uns ſur les autres ſont retenus ſeulement par de la ſoudure; ce qui eſt cauſe qu'on n'oſeroit les expoſer au feu, que quand ils ſont pleins d'eau qui empêche le vaſe de prendre le degré de chaleur qui feroit fondre la ſoudure.

On pourra avec le fer fondu faire à l'avenir des poeles dignes d'échauffer les appartements, où ils trouvent place dans le Royaume depuis quelques années.

Les grands vaſes à fleurs, dont on pare les Par-

terres, auront en fer, les formes les plus gracieuses, comme en bronze, & pourront être aussi bien reparés. Enfin on pourra mouler en fer une infinité de statues, de bustes. Le petit cheval de fer fondu qui est dans le cabinet de Sa Majesté à Versailles, ne sera plus au nombre des ouvrages rares par leur matiere. S'il y a quelque chose à quoi le fer fondu convienne, c'est certainement aux ouvrages qui ne sont faits que pour être exposés en vûe, & qui n'ont point à fatiguer.

On fait en cuivre ou en potin des flambeaux, & une infinité d'autres ustensiles, qui pourront aussi être faits de fer fondu.

Voudra-t-on dorer, ou argenter nos ouvrages de fer fondu, on n'y trouvera nul obstacle; ils se doreront & argenteront, comme le cuivre; ils auront aussi, comme le fer, leur espece de dorure particuliere; on pourra les dorer d'or damasquiné, comme on dore les fusils & les gardes d'épées. Des feux, des flambeaux, des bras, des lustres de fer fondu, à qui on feroit prendre le violet, & sur lesquels on jetteroit ensuite de legers ornements d'or damasquiné, feroient de magnifiques ouvrages, & d'un grand goût.

On peut tirer parti de tout, les inconvenients même qui s'opposent aux recherches qu'on se proposoit, peuvent souvent tourner à profit. C'en a été un pour les premiers ouvrages que nous avons tenté d'adoucir, que de les voir exposés à s'écailler. Mais cet inconvenient n'est pas general

pour tous. On employera hardiment la poudre d'os ſeule pour les ouvrages unis, ou pour ceux dont les ornements ne ſont pas delicats; l'adouciſſement en ſera plus prompt. Il y a même des ouvrages unis qu'on doit chercher à faire écailler, ce ſont ceux qui ſortent du moule plus épais, qu'on ne les voudroit; les marmites, les caſſeroles ſont de cette eſpece: ſi ces vaſes ne ſont pas ſortis du moule, aſsés minces, tout ce qui ſera detaché par les écailles, ſera autant de gagné ſur ce dont il faudroit les uſer, ſoit à la lime, ſoit ſur le tour.

J'ai donc fait des experiences, où non ſeulement j'ai employé, à deſſein, la poudre d'os ſeule; je me ſuis même ſervi de glaiſe, de chaux ordinaire, & de gyps calciné. La chaux ſeule fait beaucoup plus d'effet que la glaiſe. Le gyps ſeul en produit trop, il pourroit creuſer. Mais pour moderer ſon activité, je n'ai entouré l'ouvrage que d'une couche mince de cette poudre, & j'ai rempli le reſte du creuſet de poudre d'os à l'ordinaire. Alors les écailles n'ont eu qu'une épaiſſeur convenable; elles deviendront plus ou moins épaiſses ſelon que la couche de gyps ou de plâtre fin, qui entourera l'ouvrage, ſera plus ou moins épaiſſe, & auſſi ſelon la durée du feu. Mais il faut faire en ſorte que les ouvrages qu'on fera écailler, chauffent également, ſans quoi les écailles ſe trouveroient d'épaiſſeurs trop inégales.

Je rapporterai, à l'occaſion du gyps, une experience

rience qui ne fait pourtant rien au fond de notre art, c'eſt que lorſque j'ai débouché & renverſé les petits creuſets dans leſquels j'avois mis de cette poudre ſeule autour du fer fondu, avant d'avoir donné le temps à la fonte de ſe refroidir entierement, mais pendant qu'elle n'étoit que d'un rouge trés-brun, trés-foncé; dans ces circonſtances, dis-je, j'ai vû des flâmes s'élever de plus de vingt endroits de cette poudre, elles avoient la couleur de celle du ſoufre commun. Le fer fondu qui a été entouré de gyps a auſſi toujours pris une odeur de ſoufre inſupportable. Une autre remarque, c'eſt qu'il m'a paru que le gyps fait beaucoup plus écailler les fontes blanches, que les fontes griſes, & qu'il fait plus écailler & plus promptement le fer forgé, que le fer fondu.

Nous avons parcouru juſques ici les principaux uſages qu'on peut faire de notre nouvel Art, nous ne devons pas être moins attentifs à arrêter les eſperances trop avantageuſes qu'on en pourroit concevoir; nous en avons ſenti la neceſſité depuis que nous avons eu donné les fondements de cet Art dans l'Aſſemblée publique de l'Academie du mois de Novemb. 1721. Nous avons été obligés plus de fois à faire rabattre de ce qu'on s'en promettoit de trop, qu'à repondre aux difficultés qu'on auroit pû former contre divers ouvrages de ce fer. A entendre certaines gens, il falloit abandonner tout le travail de la forge; ils auroient voulu qu'on eût tout jetté en moule, juſqu'aux ouvra-

ges les plus simples, & je crois, jusques aux barres de fer. On veut qu'une decouverte serve à tout, & par là souvent on la rend inutile. Il y a tel remede qui est à present ignoré, qui seroit encore en grande reputation, & qui meriteroit d'y être, si on se fût tenu à en faire usage dans les cas où il avoit réussi d'abord, si on n'eût pas voulu l'étendre à toutes les maladies. Afin qu'on ne fasse point d'aussi mauvais employs de nos fers fondus, nous avertirons avec grand soin, qu'ils ne doivent jamais être la matiere des ouvrages qui demandent à être d'un fer trés-doux, trés-pliant. Ce seroit en abuser que d'en faire, par exemple, des canons de fusil, puisqu'il y a même quantité de fers en barres, qui n'y sont pas propres. Je ne sçai si le chien du fusil, qui frappe avec une percussion trés-promte, peut même être fait de fer fondu. Les ouvrages de fer qui ont beaucoup à fatiguer, doivent en general être faits du fer le plus doux, par consequent le fer fondu ne leur convient point. Tous les ouvrages grands & trés-minces, dès qu'ils auront quelque chose à soutenir, ne doivent point être de fer fondu.

D'ailleurs on ne doit chercher à faire de ce fer que des ouvrages dont le travail est long à la lime & au marteau; tout ce qui ne demande pas de longues façons, doit se faire de fer forgé. Nous avons dit qu'on feroit de fer fondu des clefs chargées d'ornements, ce seroit mouler pour peu de profit, & courir risque de faire de moins bons

ouvrages que de faire de fer fondu des clefs ordinaires. Il y a d'autant plus à gagner ſur les ouvrages de fer fondu, qu'ils ſeroient plus longs à finir à la maniere ordinaire, & il en reſtera aſsés de ceux-ci pour que les avantages de notre nouvel Art s'étendent loin. Ce fer pourra être la matiere de bien des eſpeces d'ouvrages que nous n'avons pas indiqués. Peut-être auſſi trouvera-t'on des inconvenients à en faire quelques-uns de ceux pour leſquels nous l'avons jugé propre.

Les ouvrages de fer fondu bien moulés, & limés avec ſoin, ne ſçauroient ſouvent être diſtingués à la vuë de ceux de fer forgé. Il y a pourtant des circonſtances, où quoi qu'ils ſoient auſſi bons que les autres, il faut pourtant que celui qui veut s'en ſervir, ſçache quelle eſt leur origine; & ce ſeroit tromper celui à qui on les vendra, & à ſa perte, de les lui vendre pour de fer forgé. Expliquons-nous davantage par un exemple. Si on vend des fiches trés chargées d'ornements à un Serrurier, & même à un particulier, il leur ſera facile de reconnoître qu'elles ne ſont pas de fer forgé. Mais ſi on leur vend des fiches unies, & qu'on veüille leur perſuader qu'elles ſont de fer forgé, quoiqu'elles ſoient de fer fondu, il peut être malaiſé qu'ils le reconnoiſſent. Ces fiches de fer fondu, une fois miſes en place, ſoutiendront la porte, comme feroient des fiches de fer forgé. Mais pour être miſes en place, elles exigent quelquefois des précautions, que n'exigeroient pas les autres. Si

la partie qui est destinée à entrer dans le bois, a besoin d'être redressée, l'Ouvrier qui la croira de fer forgé frappera dessus trop hardiment, peut-être la cassera-t'il; au lieu que, s'il eût sçu qu'elle étoit de fer fondu, il l'eût frappée à froid à petits coups, ou même il l'eût fait chauffer pour la ménager davantage.

L'avidité de gagner trouve le moyen de faire faire de mauvais usages des meilleures choses. Pour obvier à celui dont nous venons de parler, peut-être seroit-il à propos que tous les ouvrages unis de fer fondu, qui se debiteront dans les grandes villes, fussent marqués pour tels. Les Syndics ou Jurés des Communautés des Serruriers, ou autres Communautés, pourroient être chargés de poser cette marque. Mais ce seroit faire un plus grand mal que celui auquel nous nous proposons de remedier, que de mettre cette marque entre les mains des Traitans; & si cela arrivoit, nous aurions grand regret à l'avis que nous venons de donner: neantmoints comme c'est une espece de gens qui pensent à tout, pour s'enrichir en vexant le public, sous prétexte d'utilités, souvent imaginaires, ils y auroient apparemment pensé d'eux-mêmes. Heureusement nous vivons sous un regne, où on est peu disposé à recevoir leurs propositions.

Mais pour revenir à nos ouvrages de fer fondu: chaque Ouvrier pourroit avoir chés lui un fourneau, où il adouciroit les ouvrages qui concernent sa profession. Cependant comme il en est

peu qui veüillent, & qui puissent s'écarter de leur travail ordinaire; qu'il y a même plus de profit pour eux à faire toujours la même chose; il seroit plus avantageux pour le public qu'il y eût des Ouvriers établis qui travaillassent à adoucir les ouvrages de fer pour tous les autres; qui fussent des *Adoucisseurs* de fer en titre. Si l'Ebeniste, si l'Horloger, le Fourbisseur, le Serrurier, & de même, si divers autres Ouvriers ont besoin de cuivre ou d'argent fondus en ouvrages, ils ne fondent pas eux mêmes ces métaux; il n'y a pas jusques aux Orfevres qui n'aient recours aux Fondeurs; on leur porte les modelles des pieces qu'on veut avoir; & on sçait combien on doit leur payer la livre des ouvrages moulés. L'Arcbusier, le Serrurier, le Fourbisseur &c. feroient de même fondre en fer, par des Fondeurs ordinaires, tout ce qu'ils voudroient, & en payeroient la livre sur le pied, dont ils seroient convenus.

Ils porteroient ensuite chés les Adoucisseurs de fer fondu ces mêmes ouvrages, & les leur payeroient plus ou moins cher, selon le degré d'adoucissement qu'ils demandent, soit par rapport à la souplesse, soit par rapport à la couleur, & aussi selon la grosseur des pieces. Il seroit aisé de faire un tarif sur cela, & pour peu qu'il se fasse des établissements, cette espece de tarif sera bientôt reglé.

Ceux qui n'auront d'autre occupation que d'adoucir, qui en feront leur objet, doivent être munis de fourneaux de differentes grandeurs;

quand ils n'auront à adoucir que de menus ouvrages, qui veulent être extrêmement adoucis, ils en chargeront de petits fourneaux. Un fourneau, quelque petit qu'il ſoit, tiendra une grande quantité de gardes d'épées, de platines de fuſils, de boucles, & autres menus ouvrages; quelque peu qu'on prenne pour le recuit de chacune de ces pieces, on fera payer aſsés cher, & le temps, & le feu; avec une voye de bois on recuiroit une prodigieuſe quantité d'ouvrages de ces petites eſpeces.

Au reſte nous n'avons encore jetté que les fondements d'un Art qui a beſoin d'être perfectionné, nous ne l'avons que dégroſſi; nous n'avons pas tout tenté, nous n'avons pas tout prévû; des pratiques en grand, ſouvent réïterées apprendront encore beaucoup. Nous eſperons que ceux qui feront des experiences propres à contribuer aux progrés de cet Art, ne les envieront pas au Public; pour nous, nous lui communiquerons certainement ce que nous pourrons découvrir de nouveau ſur cette matiere, & ce qui nous reſte ſur diverſes autres matieres qui y ont du rapport, qui nous ont fourni des obſervations que nous croïons devoir être utiles, & qu'on trouvera peut-être aſsés curieuſes.

Explication de la dix-ſeptieme planche.

L*A fig.* 1. *eſt le marteau, la boucle de la porte cochere de l'Hôtel de la Ferté ruë de Richelieu.*

La fig. 2. *eſt le même retourné.* A A, *Sont deux pieces de fer forgé, qui ſont partie de la charniere propre à ſuſpendre ce marteau à la porte.*

B, C C. *Crampon de fer forgé qui a été enchaſſé dans le moule de ce marteau, les branches* C C, *ſont les parties* A A *de la fig.* 2.

La fig. 3. *eſt un autre marteau de porte cochere; on ſuppoſe que le fleuron* D, *étoit mal venu, & qu'on a été obligé d'y mettre une piece de rapport en fer forgé.*

La fig. 4. *le marteau de la fig.* 2. *auquel on ſuppoſe quelques defauts à raccommoder.* E, *Eſt un trou, où on a percé un écrouë, pour y rapporter un fleuron, qui eſt celui qui a été marqué* D, *fig.* 3.

F, G. *Eſt le petit fleuron de rapport, fait de fer forgé, dont la queuë* G, *a été taillée en vis.*

En H, *fig.* 4. *on ſuppoſe qu'il y a eu une ſouflure, qu'il y eſt reſté un creux que la fonte n'a pas rempli; & qu'on veut couler de la fonte dans ce trou.* I, I, *eſt un petit rebord de terre, qui forme une eſpece d'entonnoir, & qui couvre les endroits ſur leſquels la fonte ne doit pas s'appliquer.*

La fig. 5. *eſt une partie d'un feu.* L, *Eſt une piece de fer forgé qui entre dans la fig.* 5. *& qui a été miſe dans le moule.*

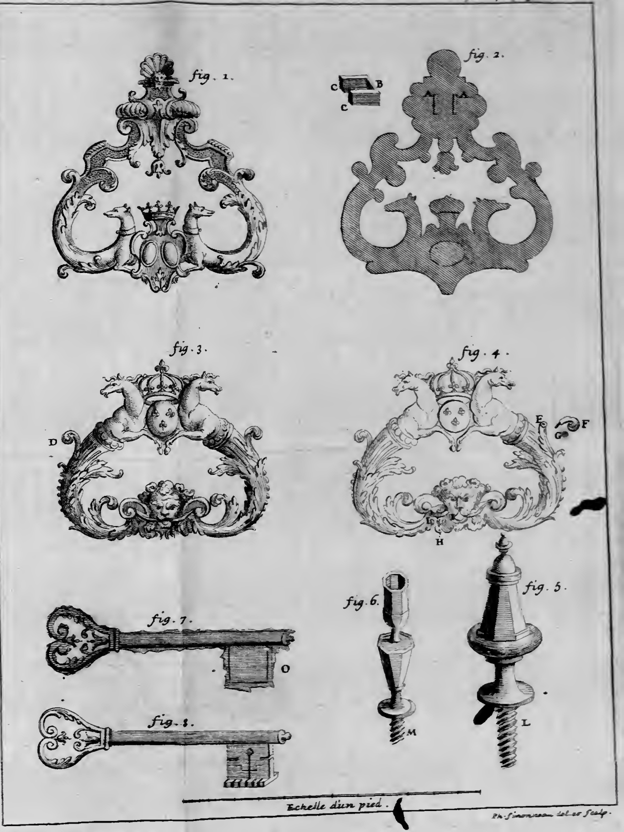
La fig. 6. est une tige de flambeau dont la partie M *est aussi de fer forgé, & a été mise au moyen du même expedient dont on s'est servi pour les fig. 5. & 2.*

La fig. 7. est une clef de fer fondu telle qu'elle sort du moule.

O. *Son paneton qui n'est point encore entaillé.*

La fig. 8. est la même clef dont on a entaillé le paneton, après qu'il a été adouci.




fig. 1.
fig. 2.
C
B
C
fig. 3.
fig. 4.
D
E
F
G
H
fig. 7.
O
fig. 8.
fig. 6.
M
fig. 5.
L
Echelle d'un pied.
Ph. Simonneau del. et Sculp.



Explication de quelques Termes.

ADOUCIR *le fer fondu, ou le fer forgé*; diminuer sa dureté, & sa roideur, le rendre plus aisé à limer, plus aisé à couper au ciseau; & le rendre aussi plus flexible.

Bain, état de parfaite fusion dans lequel un métal a été mis. Tout métal devenu bien fluide par la force du feu, est du métal en bain.

Bille d'acier, morceau d'acier forgé quarrément, souvent moins épais que large, & assés court; la longueur des Billes d'acier ne passe guere six à sept pouces.

Bure d'un souflet, le bout du souflet, le tuyau par lequel le vent sort du souflet.

Chaude, degré de chaleur qu'on fait prendre au fer, ou à l'acier. La chaude n'est que couleur de cerise, quand le fer n'est parvenu dans le feu qu'à la couleur de cerise. La chaude est appellée suante, ou fondante, quand le fer a chauffé au point d'être prêt à tomber par gouttes.

Corroyer un morceau de fer ou d'acier, c'est le re-

plier une ou plusieurs fois sur lui-même, après lui avoir donné une chaude suante, & forcer à coups de marteau, les parties à s'unir avec celles sur lesquelles elles ont été repliées.

Découvrir, se découvrir dans la trempe, prendre, à sa surface, une couleur blanche. De l'acier bien découvert après avoir été trempé, est celui dont la surface est blanche, sur la surface duquel il ne paroît point de crasse, rien de noirâtre.

Egrainer, s'égrainer, se casser par grains, l'acier trempé trop chaud s'égraine aisément.

Etirer le fer, ou acier, l'allonger en le forgeant. On allonge beaucoup plus, qu'on n'élargit le fer qu'on étire.

Etoffe, bille, ou autre morceau d'acier, composé d'aciers de differents degrés de finesse, soudés les uns sur les autres, & dont les plus fins sont les proches du milieu.

Event, en teme de Fondeur, Canal, Rigole creusée dans le moule, pour donner à l'air la liberté de s'en échapper.

Fenton, verge de fer qui vient d'une barre fenduë en plusieurs parties. Cela s'execute par le moyen de très-belles machines appellées Fendries. Le fenton est employé par les Cloutiers, Vitriers, & divers autres Ouvriers à qui il faut du fer mince.

Fonte de fer, fer fondu qui n'a pas encore été ramené à l'état du fer malleable, ou c'eſt fer qui ne ſçauroit ſoutenir le marteau ni à chaud, ni à froid, & qui eſt beaucoup plus dur, que le fer forgé.

Gerſure de l'acier, fentes, petites crevaſſes, qui tirent leur nom de leur reſſemblance avec les gerſures de la terre.

Gueuſe, longue piece de fer fondu, de fonte de fer, dont la figure approche de celle d'un priſme à baſe triangulaire. Il y en a de longues de dix à douze pieds, & qui peſent depuis 12. à 1500. livres juſqu'à deux milliers.

Jet, en terme de Fondeur, eſt tout canal qui conduit le métal dans les creux du moule; c'eſt auſſi le métal qui s'eſt moulé dans un pareil canal.

Laitier, matiere vitriffiée, eſpece de verre qui ſurnage la fonte de fer qui eſt en bain. Il y a des laitiers de bien des couleurs differentes; il y en a qui tiennent beaucoup de fer, & d'autres qui n'en ont point, ou très-peu.

Pailles de fer, ou de l'acier, parties mal réunies. Les fentes qui forment des pailles different de celles des gerſures, en ce que les gerſures ne font, pour ainſi dire, qu'entailler la barre ou la bille, au lieu que les pailles ſont des parties ſouvent aſſés gran-

des, presque entierement separées de celles sur lesquelles, elles sont appliquées.

Paquet, en termes de trempe, est une espece de boiste de tole enduite de terre, dans laquelle de l'acier est renfermé & environné de certaines matieres; on fait chauffer l'acier dans ce paquet d'où on le retire pour le tremper.

Quarillon, fer forgé quarrement, aussi épais que large, qui a environ huit à dix lignes sur chaque face.

Recuire, c'est ordinairement chauffer le fer & l'acier dans une autre vûë que celle de les forger après qu'ils auront été chauffés. Souvent on recuit l'acier pour le détremper, pour l'adoucir, & quelquefois pour le rendre plus dur, comme pour les trempes en paquet.

Recuit, maniere de chauffer l'acier ou le fer, à un leger degré de chaleur, quand on les chauffe à la forge; mais à quelque degré de chaleur qu'on les fasse parvenir, quand on les chauffe renfermés dans des creusets, ou autres capacités équivalentes, cette maniere de les chauffer porte toujours le nom de recuit.

Ringard, toute barre de fer, soit droite, soit crochue, avec laquelle on remue les charbons ou le bois enflammé, ou le metal qui chauffe, ou qui est en fusion.

Refouler, se refouler, se laisser applatir, ceder

à la preſſion. Un ciſeau, d'un mauvais acier, refoule quand on lui fait couper du fer à froid, ſon taillant devient mouſſé.

Souder deux morceaux de fer enſemble, ou deux morceaux d'acier, ou un morceau d'acier avec un morceau de fer, c'eſt obliger deux morceaux à ſe réunir enſemble parfaitement, à ne compoſer plus qu'une même piece. Cela s'execute en frappant ſur les deux morceaux qu'on veut réunir, après les avoir chauffés preſque fondants. Souder du fer avec du fer n'eſt point faire leur réunion au moyen de ſoudure. Quand on ſe ſert de ſoudure pour les réunir, cette façon s'appelle brazer.

Surchauſure, trop grand degré de chaleur qu'on a donné à l'acier ; l'acier ſurchauffé a perdu une partie de ſa qualité.

Tremper l'acier, le refroidir ſubitement, & pour l'ordinaire en le plongeant rouge dans de l'eau commune froide.

Trempe, ſignifie tantôt la qualité qu'a priſe l'acier trempé, tantôt la matiere dans laquelle il a été trempé ; tantôt les préparations qui ont precedé la trempe. L'acier a eu une trempe dure caſſante, quand il eſt devenu dur caſſant après avoir été trempé. La trempe à l'eau, la trempe au ſuif, ſont le ſuif ou l'eau dans laquelle on trempe l'acier. La trempe en paquet, c'eſt faire

recuire l'acier dans un paquet, avant de le tremper.

Tuyere, court tuyau, en forme de cone tronqué, dans lequel ſont logés, à leur aiſe, le bout, ou la bure du ſouflet, ou des ſouflets, d'une forge, ou d'un fourneau.

Voiler, ſe courber, une plaque de terre qui ſe courbe, qui prend la figure d'une voile.

FIN.

TABLE DES MEMOIRES contenus dans la premiere Partie de ce Volume.

PREMIER MEMOIRE, *Où aprés avoir donné une idée generale des differentes manieres de faire l'Acier, on examine quelles ſont les matieres propres à convertir le Fer forgé en Acier, & quels mélanges on doit faire de ces matieres pour le changer dans l'Acier le plus fin, & le meilleur.* Page 1.

II. MEM. *Où ſont rapportées des obſervations generales qui conduiſent à regler le feu à propos.* 43.

III. MEM. *Qui apprend à faire les eſſais en petit.* 61.

IV. MEM. *Où l'on donne la construction d'un nouveau fourneau, qu'on croit le plus avantageux de ceux qui peuvent être employés à la conversion du fer en acier, & où l'on fait quelques reflexions generales sur les autres fourneaux.* 81.

V. MEM. *Sur la nature des differentes especes des fers considerés par rapport aux dispositions qu'ils ont à être convertis en acier.* 153.

VI. MEM. *Qui contient des observations sur les changements sensibles qui se font dans le fer, pendant qu'il est converti en acier; sur les précautions avec lesquelles il faut forger le nouvel acier, & le resultat des frais de la conversion du fer en acier.* 173.

VII. MEM. *Où l'on établit le caractere de l'acier, en quoi il differe essentiellement du fer, & cela en suivant les opérations qui changent le fer forgé en acier.* 203.

VIII. MEM. *Où par la décomposition de l'acier, on acheve d'établir que sa difference essentielle d'avec le fer consiste en ce qu'il est plus penetré de parties salines & sulfureuses. Et où l'on donne en même temps le moyen de raccommoder la plûpart des aciers défectueux.* 219.

IX. MEM. *Sur l'analogie qu'il y a entre les procedés au moyen desquels on tire des aciers immediatement des fontes, & ceux qui changent le fer forgé en acier. Sur une maniere de faire de l'acier de fer forgé, dont nous n'avons point encore parlé; & pourquoi il est plus aisé de porter les aciers de fer forgé au point de perfection où on les veut, que ceux qui viennent des fontes.* 237.

X. MEM. *Des manieres de connoître les défauts & les bonnes qualités de l'acier, & plusieurs vûës pour parvenir à comparer des aciers de differents degrés de perfection.* 259.

XI. MEM. *Explication des principaux effets que la trempe produit sur l'acier.* 310.

XII. MEM. *Sur les differentes trempes qu'on peut donner à l'acier; & sur les recuits qu'on lui donne souvent après l'avoir trempé.* 341.

TABLE DES MEMOIRES
contenus dans la seconde partie.

PREMIER MEMOIRE. *Des differentes sortes de fontes de fer, ou de fers fondus, & de leurs qualités; de la maniere de rendre ces fontes plus pures; & à quoi il a tenu qu'on ne fit de fer fondu quantité d'Ouvrages, qu'on peut faire de fer forgé.* 385.

II. MEM. *Sur les differentes manieres de fondre le fer, sur des attentions qu'il faut avoir pour jetter le fer fondu en moule, & pour tirer les Ouvrages des moules.* 408.

III. MEM. *Où sont rapportés les essais qu'on a faits de differentes matieres pour adoucir le fer fondu, & quelles sont celles que ces essais ont montré y être les plus propres.* 450.

IV. MEM. *Des fourneaux propres à adoucir les ouvrages de fer fondu.* 475.

V. MEM. *Des précautions avec lesquelles on doit recuire les ouvrages de fer fondu. Des changements que les differents degrés d'adoucissement produisent dans ce fer. Comment on peut redonner aux ouvrages de fer fondu la dureté qu'on leur a ôtée. Et comment on peut, & jusqu'à quel point, adoucir le fer forgé.* 496.

VI. MEM. *Où on parcourt les differents ouvrages qui peuvent être faits de fer fondu; où on avertit des précautions avec lesquelles quelques-uns veulent être jettés en moule, & recuits; & où on fait connoître aussi quels sont les ouvrages qui ne doivent pas être faits de cette sorte de fer.* 529.

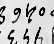
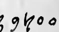
Fin de la Table.

De l'Imprimerie de P. A. PAULUS-DU-MESNIL, ruë S. Severin, aux Armes du Roy.

Al Sor Dn Man.^{l} de las Cuentas.

B.L.M. El Conde del Aguila su seguro serv.^{or} participandole, que el próximo dia de la Asun cion de N.^{ra} S.^{ra} à las 7½ en Santiago será la Comunion de Orn como nra Regla previene &c.^a

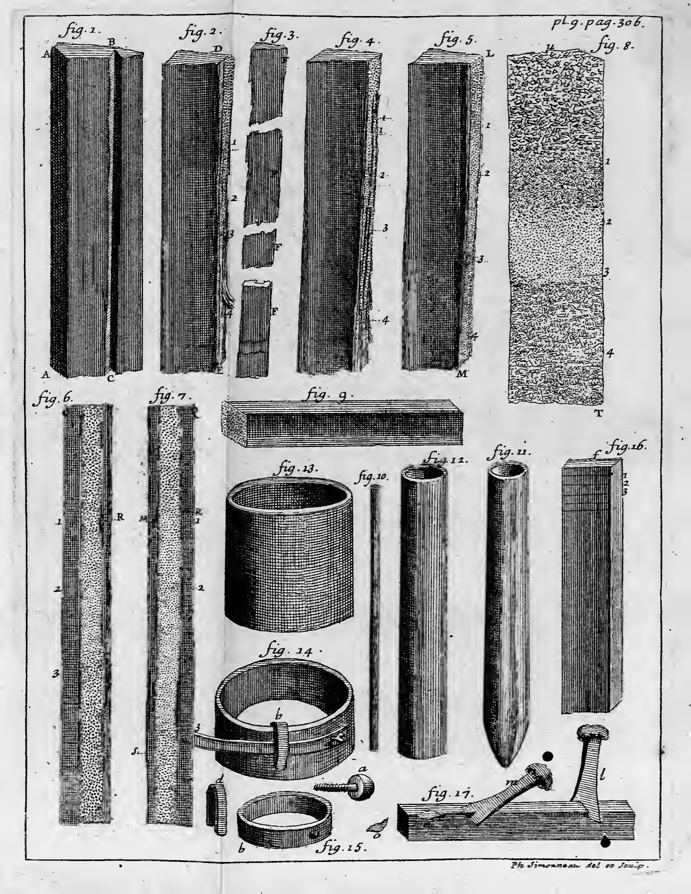
Pase para su cumplim.^{to} al Sr Dr Man.^{l} de las Quentas.



7 24

0046875
1953125


pl. 9. pag. 306.
fig. 1.
fig. 2.
fig. 3.
fig. 4.
fig. 5.
fig. 8.
fig. 6.
fig. 7.
fig. 9.
fig. 13.
fig. 10.
fig. 12.
fig. 11.
fig. 16.
fig. 14.
fig. 15.
fig. 17.
Ph. Simonneau del. et Sculp.